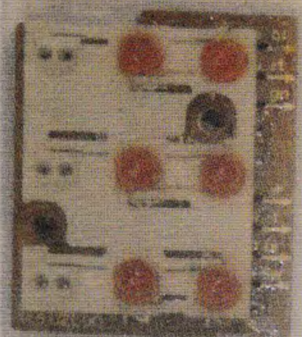








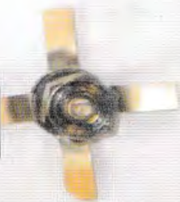


Cursusboek

voor het

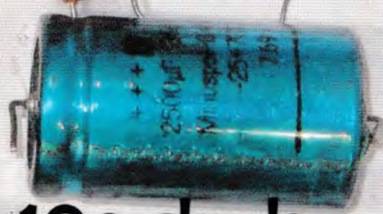
N-examen















10e druk







Cursusboek

voor het

N-examen

Elektrotechniek
Radiotechniek
Voorschriften

10e druk

Auteur en bewerking A. Nijveld PA0XAB

VERON Vereniging Experimenteel Onderzoek Nederland

TEN GELEIDE

Met het verschijnen van dit cursusboek is een wens van het Hoofdbestuur van de VERON in vervulling gegaan. Na het invoeren van de nieuwe N vergunning is er enige tijd een vacuüm geweest op het gebied van geschikt cursusmateriaal. Met het verschijnen van de 1e druk van dit boek wordt daarin nu gelukkig voorzien.
Aan de voorbereiding van dit boek is door een aantal leden van de VERON geheel belangeloos meegewerkt. In het bijzonder willen we schrijver en samensteller van het boek, PA0XAB, hartelijk danken voor zijn inzet. Met ingang van 26 april 1997 zal hij het voorzitterschap van de Commissie Opleiding Zendexamen op zich nemen, een taak die hij reeds enige tijd ad interim al verrichtte.
De aspirant radiozendamateurs wensen wij een heel nuttig en plezierig gebruik van dit cursusboek toe.

Maart 1997 Hoofdbestuur VERON

Cursusboek voor de N zendvergunning - Radiotechniek / Vereniging voor Experimenteel Radio Onderzoek in Nederland, Arnhem: VERON.

ISBN 9789070756512
10e druk. Uitgave februari 2019

Trefwoorden: radiotechniek/radiozendamateurs/zendexamen
Uitgave: Stichting Servicebureau VERON
Copyright: VERON, P.O. Box 1166, 6801 BD Arnhem, The Netherlands
Samenstelling: A. Nijveld, PA0XAB, Lochem
Lay-out: J. Hoek, PA0JNH, West Graftdijk
na 6e druk: PA0XAB
Druk: **Bariet Ten Brink**

VOORWOORD

In augustus 1996 werden er door het Ministerie van Verkeer en Waterstaat nieuwe -"Voorschriften en beperkingen verbonden aan de vergunningen voor het doen van onderzoekingen radiozendamateurs"- uitgegeven.
Met deze nieuwe regels veranderde het een en ander in de wereld van de radiozendamateurs. De D en B vergunningen vervielen en de nieuwe N van Nieuwkomer of zoals sommigen zeggen Novice verscheen op het toneel. De situatie is nu zo dat men met een N vergunning kan starten, vervolgens doorgaat naar C en wanneer men de smaak te pakken heeft via een morseproef de A vergunning kan verwerven. Uiteraard blijft de mogelijkheid om direct C en A te doen.
Door het publiceren van deze nieuwe voorschriften is er behoefte aan een nieuw leerboek ontstaan. Het nu voor u liggende cursusboek is daar een weergave van. Het boek is zoveel mogelijk op de voorschriften van het Examenprogramma Radiotechniek en Voorschriften II gebaseerd.
Uiteraard kan er een verschil in interpretatie van deze eisen door de examencommissie en de schrijver van dit boek bestaan. Deze laatste houdt zich dan ook aanbevolen voor suggesties over de inhoud van dit boek. Getracht zal worden om deze zo mogelijk in een volgende uitgave te verwerken.
De opzet van dit boek is om bij het bestuderen van de tekst praktische experimenten te doen. Graag had schrijver dezes een groter aantal proeven bij de tekst willen voegen, maar door de grote vraag naar een nieuw leerboek is daar gezien de benodigde tijd vanaf gezien. Er wordt dan ook een beroep op de cursusleiders gedaan, zoveel mogelijk de cursus praktisch te begeleiden.
Graag wil ik mijn dank uitspreken aan al diegenen die mee hebben geholpen aan de bouw van dit "1e Cursusboek voor de N radiozendamateurs".
PA0JNH, PA0HPV en PA0SE, tnx fr all.
Tenslotte wens ik alle nieuwkomers veel succes en plezier met het experimenteren in de ruimte die de radiohobby biedt.
Nuenen, februari 1997,
A. Nijveld, PA0XAB

Bij de 2e druk

Ten opzichte van de 1e druk zijn er een aantal verbeteringen aangebracht. Onderwerpen zijn toegevoegd of nader verklaard. Diegene die meegedacht hebben en mij hebben voorzien van opmerkingen, mijn hartelijke dank.
Diegene die het N-examen wil doen raad ik aan contact te zoeken met hun afdeling en mee te doen met de cursussen. Vraag uw afdelingssecretaris.
Nuenen, december 1997,
A. Nijveld, PA0XAB

Bij de 3e druk

Aangezien de tweede druk binnen korte tijd is uitverkocht, blijkt het nodig een derde druk te doen uitkomen. Met het uitgeven van deze derde druk is tegelijkertijd de gelegenheid genomen om ook nu weer verbeteringen aan te brengen. Het is aan het oordeel van de gebruiker van dit boek of we daarin geslaagd zijn.

De hoofdstukken over de Voorschriften zijn weggelaten. Deze zijn nu opgenomen in het *Cursusboek voor de C en N zendvergunning - Voorschriften.*

De originele opzet van het boek is echter niet aangetast. De indeling is hier en daar wat veranderd. Er zijn wat paragrafen verschoven. Ook is de hoofdstuk- en paragraafnummering wat eenvoudiger gemaakt. Er zijn pogingen gedaan om de leesbaarheid van het boek te verhogen en er zijn herhalingen van tekst weggenomen. Bovendien is een aantal tekeningen verbeterd en zijn tekeningen bijgevoegd die het geschreven woord ondersteunen.

De korte omschrijvingen voor de proeven die mogelijk zijn werden ook verwijderd omdat deze begeleiding behoefden. Het bleek dat deze voor thuis studerenden veel meer omschrijving vergde dan in dit boek mogelijk was en dus in een ander boek thuishoren.

PA0JNH is weer dank verschuldigd voor het meedenken en het opmaken van dit boek.

Nuenen, februari 2000,

A. Nijveld, PA0XAB

Bij de 4e druk

Naar aanleiding van bij de examens gestelde vragen zijn enkele kleine correcties en aanvullingen aangebracht.

Nuenen, december 2001

A. Nijveld, PA0XAB

Bij de 5e druk

Op enkele plaatsen zijn kleine correcties en aanvullingen aangebracht. Dit o.a. in verband met de gewijzigde vergunningvoorschriften en bandplannen.

Nuenen, oktober 2005

A. Nijveld, PA0XAB

Bij de 6e druk

Met ingang van 8 december 2006 zijn de mogelijkheden van de N-vergunninghouder opnieuw uitgebreid. Er mag nu gebruik worden gemaakt van de gehele 10 meter band en van delen van de 40 en 20 meter band. Er zijn geen beperkingen aan de klassen van de uitzending (met in acht nemen van de bandplanning). De leerstof is hierop iets aangepast.

Lochem, juli 2007 West Graftdijk, juli 2007

A. Nijveld, PA0XAB J. Hoek, PA0JNH

Bij de 7^e^ druk.
Door wijziging van de wetgeving is enige aanpassing van woordgebruik nodig. Ook aan de opmaak is een en ander aangepast. Aan de wezenlijke inhoud van het boek is weinig veranderd. De morse-eis is vervallen, na de N is er nu het Certificaat
Lochem, juni 2010, A. Nijveld PA0XAB

Bij de 8^e^ druk.
Wijzigingen waren nodig omdat er nu registratie plaatsvind nadat men een examen voor zendamateur met goed gevolg heeft afgelegd. Het begrip vergunning is daarmee vervallen. Examen kan nu worden gedaan door deel te nemen aan een examen uitgeschreven door de SRE, Stichting Radio Examens. www.radio-examen.nl
Dank aan PA0HPV voor zijn opmerkingen betreft de Voorschriften en Wetten, PA2CHM voor het nalezen van de tekst.
Aan de inhoud van de technische onderwerpen van het boek is weinig veranderd. Enige zaken zijn aangepast aan het hedendaags woordgebruik. Een enige uitleg is verbeterd.
Lochem, juni 2012, A. Nijveld PA0XAB.

Bij de 9^e^ druk.
De verschillen met de 8^e^ druk zijn niet groot. De wijzigingen zoals op de webside van de VERON zijn aangegeven zijn in dit boek doorgevoerd. Op de webside van de de SRE, Stichting Radio Examens, kan men zich opgeven voor het examen. *www.radio-examen.nl*
Lochem, november 2014, A. Nijveld PA0XAB

Bij de 10^e^ druk
Hoofdstuk 13 is geheel herzien. De tabellen zijn bijgewerkt tot de stand van vandaag. Er zijn verbeteringen in de tekst aangebracht.
Het kan zijn dat er voor het frequentiegebruik veranderingen voor N komen, zo ja dan zullen deze op de webside van de VERON gepubliceerd worden.
Lochem, februari 2019, A. Nijveld PA0XAB

INHOUDSOPGAVE Cursusboek voor het N-examen

Inhoudsopgave	
1 Over frequenties, spanning en stroom	**1**
1.1 Frequentie, golflengte en frequentie indeling . .	**2**
1.2 Verband tussen frequentie en golflengte	**8**
1.3 Wat zijn radiogolven?	**10**
1.4 Laagfrequente trillingen	**12**
1.5 De elektrische stroom en de tijd	**14**
1.5.1 Gelijkstroom en wisselstroom	**14**
1.5.2 Het audiosignaal	**16**
1.6 Het digitale signaal	**16**
2 Voedingsbron	
2.1 Spanning uit batterijen	**1**
2.2 Spanning, EMK en klemspanning	**3**
2.3 De waarde van een wisselspanning of wisselstroom . . .	**4**
2.4 Stroom, spanning en weerstand	**5**
2.4.1 De invloed van de inwendige weerstand	**5**
2.4.2 Wet van Ohm	**7**
2.5 Spanning uit het lichtnet	**8**
2.5.1 De net aansluiting	**8**
2.5.2 Veiligheden	**9**
2.6 Overbelasting	**11**
3 De voeding en zijn onderdelen	**1**
3.1 De transformator	**1**
3.2 Van wisselspanning (AC) naar gelijkspanning (DC) . .	**3**
3.3 De diode	**4**
3.4 De condensator	**5**
3.4.1 De constructie	**5**
3.4.2 De waarde in farad	**6**
3.4.3 De eigenschappen van de condensator	**7**
3.4.4 Spanningsverdubbeling	**8**
3.4.5 Parallel en serie schakelen van condensatoren	**9**
3.5 De stabilisator	**11**
3.6 De diode nader bekeken	**12**
3.6.1 Het sperren	**12**
3.6.2 De doorlaatrichting	**14**
3.7 Zenerdiode - stabiliseren van de spanning	**16**
3.7.1 De zenerdiode	**16**
3.7.2 De werking van de stabilisatie	**18**
3.8 Weerstanden	**19**
3.8.1 De weerstand als component	**19**
3.8.2 Kleurcodetabel voor weerstanden	**20**
3.9 Het vermogen	**22**
3.9.1 Het begrip vermogen verder uitgediept	**24**
3.9.2 Rendement en vermogensversterking	**25**

4 Functies in de ontvanger en de zender	**1**
4.1 Functies van een rechtuit ontvanger	**2**
4.2 Functies van een superheterodyne ontvanger . .	**5**
4.3 De dubbel superheterodyne ontvanger	**10**
4.4 De communicatie-ontvanger	**11**
4.5 Het CW en AFSK systeem	**12**
4.6 Het in amplitude gemoduleerde signaal	**14**
4.7 Het enkelzijband signaal	**15**
4.8 Het in frequentie gemoduleerde signaal	**16**
4.8.1 Een FM-signaal maken	**16**
4.8.2 Het ontvangen van een FM signaal	**19**
4.9 Ruis, ruisonderdrukking, squelch	**20**
4.10 Automatische versterkingsregeling	**22**
5 De zender	**1**
5.1 Blokschema's van zenders	**1**
5.2 AM zender	**2**
5.3 FM zender	**2**
5.4 Frequentie vermenigvuldiging	**2**
5.5 EZB zender	**4**
5.6 Bandbreedte van de zender	**5**
5.7 Frequentiestabiliteit	**7**
5.8 Harmonischen en andere ongewenste uitstraling	**8**
6 Antenne, spoel en condensator nader bekeken	**1**
6.1 De lengte van de antennedraad	**1**
6.2 De antenne nader bekeken	**4**
6.3 Eigenschappen van de antenne	**5**
6.3.1 Het horizontale stralingsdiagram	**5**
6.3.2 Bundelen van het Elektro Magnetisch veld . .	**8**
6.3.3 Het stralingsdiagram in het verticale vlak . . .	**11**
6.3.4 Verticale kwartgolf	**11**
6.3.5 Groundplane antenne	**13**
6.4 Polarisatie	**14**
6.4.1 Het belang van de opstralingshoek en de zonnevlekken	**15**
6.4.2 Reflectie en directe straling	**16**
6.5 Van antenne naar zender / ontvanger	**20**
6.5.1 Voedingslijn	**20**
6.5.2 Maximale energie overdracht	**22**
6.5.3 De spanning is afhankelijk van de belastingsweerstand	**25**
6.5.4 Staande en lopende golven	**28**
6.5.5 De eindgevoede antenne	**30**

7 Samenwerking tussen spoel en condensator . .	**1**
7.1 Afgestemde kringen	**1**
7.1.1 De parallelkring en zijn eigenschappen	**2**
7.1.2 De seriekring en zijn eigenschappen	**3**
7.2 De spoel nader bekeken	**4**
7.3 De condensator nader bekeken	**7**
7.3.1 De opbouw van spanning over de condensator	**10**
7.3.2 Het laden van een condensator	**11**
7.3.3 Het ontladen van een condensator	**12**
7.3.4 R-C oscillator met het i.c 555	**13**
8 Meetinstrumenten en hun toepassing	**1**
8.1 De multimeter	**1**
8.1.1 De nauwkeurigheid van het instrument	**3**
8.1.2 Gevoeligheid en nauwkeurigheid	**4**
8.1.3 Andere fouten bij het meten	**6**
8.2 De multimeter nader bekeken	**7**
8.2.1 Het meten van hogere spanningen	**7**
8.2.2 Het meten van grotere stromen	**8**
8.2.3 Het meten van wisselstroom en -spanning . .	**9**
8.2.4 Het meten van weerstand	**10**
8.2.5 De invloed van de meter op de meting	**10**
8.2.6 De digitale universeelmeter	**14**
8.3 Meetkoppen	**15**
8.3.1 Hoogfrequent meetkop	**15**
8.3.2 Millivolt meetkop	**15**
8.3.3 Hoogspanning meetkop	**16**
8.4 De frequentieteller	**17**
8.5 De absorptie-golfmeter	**20**
8.6 Dipmeter	**21**
8.7 Kunstantenne	**23**
8.8 De staande-golfmeter	**26**
9 Transistoren en hun toepassing	**1**
9.1 De transistor in het algemeen	**1**
9.2 De wisselspanningsversterker	**3**
9.2.1 Gelijkstroominstelling	**3**
9.2.2 Versterking van het signaal	**6**
9.3 Een stroomkring nader bekeken	**8**
9.4 Andere transistoren	**11**
9.4.1 De NPN en de PNP transistor	**11**
9.4.2 Veldeffect transistoren	**11**
10 Frequentie opwekking en filtering	**1**
10.1 Oscillator	**1**
10.2 Frequentiebepalende elementen	**3**
10.2.1 Filters met L, C en R	**3**
10.2.2 Kristal en kristalfilter	**5**
10.3 Frequentie vermenigvuldiger	**6**

11 Veiligheid	**1**
11.1 Het gevaar van stroom en spanning	**1**
11.2 De veiligheidsdraad	**3**
11.3 Eisen die aan de behuizing gesteld moeten worden .	**3**
11.4 Beperking van het zendvermogen (als dat kan)	**5**
11.5 Een goede "aarde"	**6**
11.6 Onweer	**7**
11.7 Aanbevelingen voor veilig bedrijf van een amateurstation	**9**
11.8 Antennes: veiligheid en regelgeving	**10**
12 Storingen, voorkomen en opheffen	**1**
12.1 De storing veroorzaker	**1**
12.2 Storing onderdrukken bij de klager	**3**
12.2.1 Bij ontvangtoestellen	**4**
12.2.2. Stoorsignaal komt binnen via aangesloten leidingen	**4**
12.3 De veldsterkte van een zender	**6**
12.4 Je eigen apparatuur als storingsbron	**7**
12.5 Praktische tips voor afscherming en filtering	**8**
13 Gedragsregels en Voorschriften	
13.1 Maatschappelijke verantwoordelijkheden van de radiozendamateur	**1**
13.1.1 Gewenst gedrag	**2**
13.1.2 Reageren op noodverkeer	**6**
13.2 Operationele vaardigheden	**7**
13.2.1 Gebruik kunstantenne	**7**
13.2.2 Verbindingsprocedures	**7**
13.2.2.1 Afkortingen	**8**
13.2.2.2 Het spelalfabet	**8**
13.2.2.3 Uitzendingsklasse	**9**
13.2.2.4 Het maken van een verbinding RST	**9**
13.2.2.5 Roepletters –prefix suffix	**10**
13.2.2.6 De Q-code	**11**
13.3 En nu de praktijk:	**13**
13.3.1 De Telefonieverbinding	**13**
13.3.2 De Telegrafieverbinding	**14**
13.3.4 Het Aanpassen van het vermogen aan situatie	**17**
13.4 ITU Radio Regulations	**18**
13.4.1 Frequentiegebruik	**19**
13.5 CEPT aanbevelingen	**23**
13.6 Telecommunicatiewet	**24**
14 Oefenen met de wet van Ohm	**1**
14.1 Serieschakeling van weerstanden	**1**
14.2 Parallelschakeling van weerstanden	**3**
15 Het examen	**1**
15.1 Algemene informatie met betrekking tot het N-examen 205	**1**
16Bijlage	
16.1 De decibel (dB)	
17 Exameneisen	
Het N-examenprogramma en de inhoud van dit boek . . .	**1**
18 Literatuurlijst	**1**

1 Over frequenties, spanning en stroom



Fig. 1.01 Vooraanzicht van een communicatie-ontvanger voor de radiozend- en luisteramateur.

Radio-ontvangers zijn er van allerlei merken te koop. Ieder merk heeft dan weer zijn verschillende typen. Een voorbeeld van een ontvanger is bovenstaand figuur. Deze ontvanger ziet er geheel anders uit dan die in de huiskamer. Er is dan ook onderscheid te maken naar functie.

Zo zijn er ontvangers die alleen maar de FM band kunnen ontvangen, andere hebben de mogelijkheid om er een midden- en kortegolf mee te beluisteren. Deze ontvangers noemt men omroepontvangers omdat zij ontworpen zijn om omroepstations te beluisteren. Dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld de wereldontvangers die speciaal ontworpen zijn om de kortegolf banden te ontvangen. Deze laatsten onderscheiden zich al door het feit dat de muzikale eigenschappen minder zijn, maar de bediening zoals het uitkiezen van een zendstation is ook anders.

Een geheel andere ontvanger is de scanner, deze is in staat om de frequenties van sommige (overheids)diensten, enzovoorts, in de gaten te houden. Komt er een zender "in de lucht" dan wordt dit direct geconstateerd en hoorbaar gemaakt. Door de digitalisering van de radiocommunicatie van de politie en andere vitale overheidsdiensten (C2000) is deze communicatie niet meer af te luisteren.
Radioamateurs gebruiken de communicatie-ontvanger. Zo'n ontvanger is ontworpen om ook zeer zwakke signalen nog hoorbaar te maken. Meestal bevat hij ook schakelingen die storingen kunnen onderdrukken. De werking van al deze verschillende ontvangers berusten echter op dezelfde principes. Een onderscheid moet je maken naar de bediening van de apparaten. Een groot bedieningsgemak en comfort wil nog niet zeggen dat je met een goede ontvanger te maken hebt. Dit zijn twee geheel verschillende zaken. Zo is ook onbelangrijk hoeveel lampjes en metertjes op het apparaat gemonteerd zijn. Het kan natuurlijk een best interessant of imposant gezicht zijn.

Er zijn ook ontvangers te koop waarin tegelijkertijd een zender gemonteerd is. Deze apparaten worden **transceivers** genoemd. Dit woord is een samenvoeging van transmitter en receiver (zender en ontvanger).
Veel theoretische kennis van radio-ontvangers is ook bruikbaar voor zenders. Vaak komen dezelfde schakelingen en onderdelen er in voor. Dit geldt ook voor de antennes; in dit boek worden hiervan ook de principes besproken.

1.1 Frequentie, golflengte en frequentie indeling

Een radio-ontvanger kan op verschillende zenders afgestemd worden. Een hulpmiddel voor het afstemmen op een zender is zoals bekend de stationsnamenschaal.
Er bestaan 2 mogelijkheden voor dit hulpmiddel:

a. de zogenaamde analoge afstemschaal; hierop zie je een wijzer over een schaalverdeling lopen wanneer men aan een knop draait.

b. de digitale schaal, hier wordt de frequentieaanduiding door het tonen van een getal aangegeven. Wanneer je van zender wil veranderen dan kan je meestal gebruik maken van een toetsenbord waarop de gewenste frequentie ingetoetst wordt. Een andere mogelijkheid is een + en – toets of een draaiknop, je ziet dan de frequentie aanduiding in cijfers voorbij schieten.

In figuur 1.01 is een ontvanger met een digitale schaal afgebeeld. Op deze schaal bevinden zich nog een aantal aanwijzingen maar we letten op de cijfers op de frequentie schaal. De frequentie wordt aangeduid met de eenheid **hertz**. Deze geeft het aantal trillingen per seconde aan. De eenheid hertz is voor normale frequentie aanduiding veel te laag, we gebruiken de eenheden **kilo** (afgekort k) voor 1000 maal en **Mega** (afgekort M) voor 1.000.000 maal.
Zo is de z.g. FM band, waarop de FM zenders van de omroep zich bevinden, ingericht voor 88 MHz tot 108 MHz. 108 MHz is hier dus hetzelfde als 108 000 000 hertz of 108 000 000 trillingen per seconde.
Je ziet dat kennelijk een bepaald deel van het frequentie gebied ingericht is voor de FM band. Zo zijn er ook de zogenaamde middengolf en andere frequentiegebieden.

Daarom eerst een overzicht van het gehele frequentiespectrum en de benamingen die bij de delen van dat spectrum horen. Zie figuur 1.02.

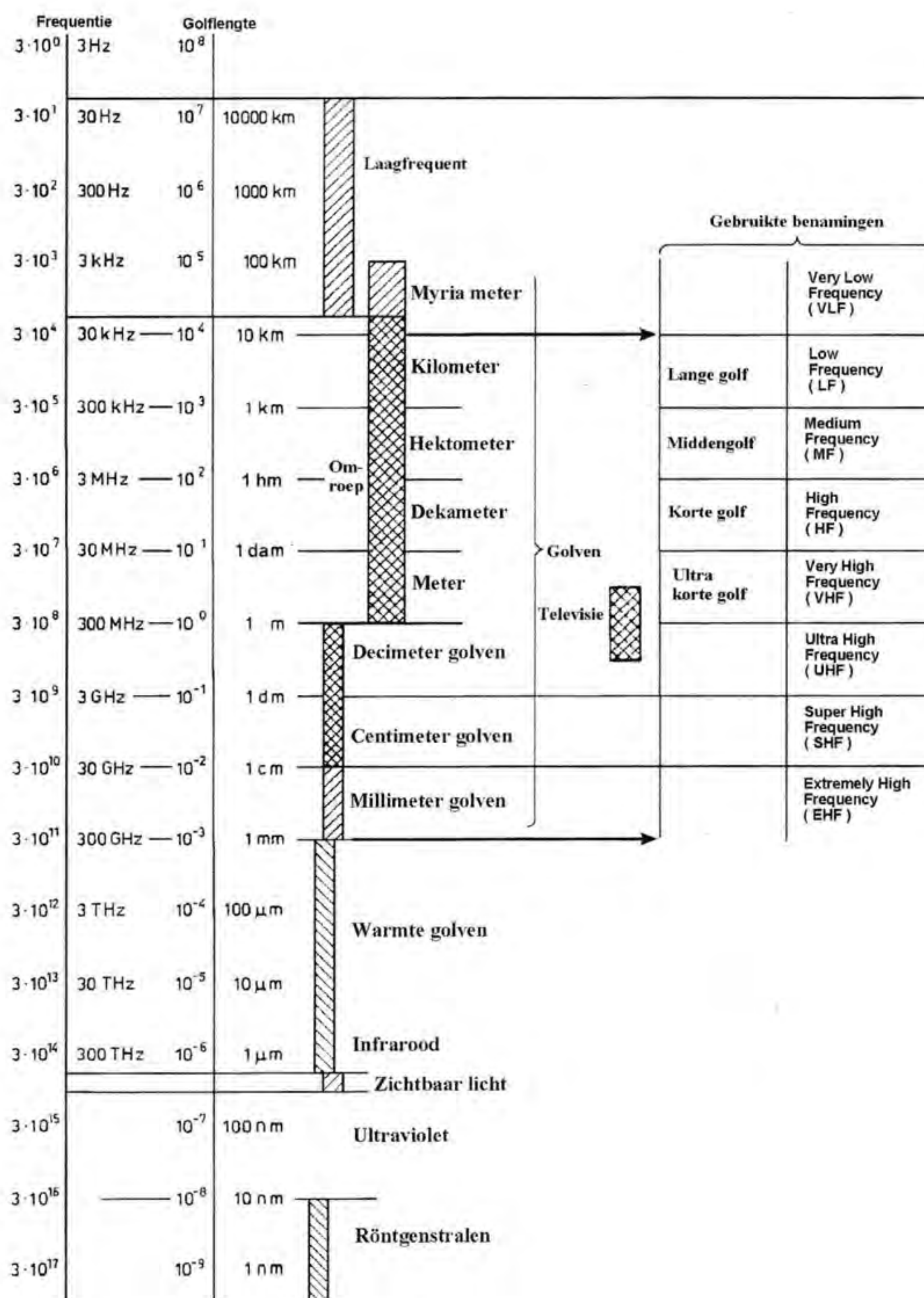


Fig. 1.02 De indeling van het totale frequentiespectrum.

Binnen het grote frequentiespectrum zijn bepaalde gebieden toegewezen aan radiozendamateurs. Zo'n gebied noemen we een **amateurband**. Afhankelijk van de vergunning (F of N) mag de radiozendamateur deze amateurbanden onder bepaalde voorwaarden gebruiken. Zie de tabel in figuur 1.3 voor de situatie medio 2012. Raadpleeg voor de laatste stand van zaken Agentschap-Telecom. www.agentschaptelecom.nl

In deze tabel kun je zien welke bewijs van registratie toegang geeft tot welke frequentiegebieden en welk vermogen. Zo geeft de N registratie mogelijkheden tot zenden in de gehele 10m, 2 m en 70 cm band en in delen van de 40 en 20 m band met 25 watt.

Bijlage 10 van de Regeling frequentiegebruik zonder vergunning 2008.

Categorie registratie 1)	Toegestane zendvermogen in watt (PEP) 2)	Frequentiebanden in MHz				Status van de amateurband (NFP) 3)
F	400	0,1357	-	0,1378	Alleen de klasse A1A	S
	100	0,501	-	0,505	Alleen A1A, F1A, G1A, J2A; contesten zijn niet toegestaan	S
	400	1,81	-	1,85		P
	400	1,85	-	1,88		S
	400	3,5	-	3,8		P
	400	7,0	-	7,1		P
	250	7,1	-	7,2		P
	400	10,1	-	10,15	Alleen A1A, F1A, G1A, J2A; contesten zijn niet toegestaan	S
	400	10,14	-	10,15	Data, bandbreedte max. 500 Hz	S
	400	14,0	-	14,35		P
	400	18,068	-	18,168		P
	400	21,0	-	21,45		P
	400	24,89	-	24,99		P
	400	28,0	-	29,7		P
	120	50,0	-	50,45	Alleen A1A en J3E	S
	30	50,0	-	50,45		S
	30	50,45	-	52,0	Crossband- en duplexverbindingen zijn niet toegestaan	S
	50	70,0	-	70,5	Crossband- en duplexverbindingen zijn niet toegestaan	S
	400	144,0	-	146,0		P
	400	430,0	-	436,0		P
	400	436,0	-	440,0		S
	120	1240,0	-	1300,0		S
	120	2320,0	-	2400,0		S
	120	2400,0	-	2450,0	Uitsluitend satellietverkeer	S
	120	3400,0	-	3410,0		S
	120	5650,0	-	5850,0		S
	120	10000,0	-	10500,0		S
	120	24000,0	-	24050,0		P
	120	24050,0	-	24250,0		S
	120	47000,0	-	47200,0		P
	120	75500,0	-	76000,0		P
	120	76000,0	-	77500,0		S
	120	77500,0	-	78000,0		P
	120	78000,0	-	81500,0		S
	120	122250,0	-	123000,0		S
	120	134000,0	-	136000,0		P
	120	136000,0	-	141000,0		S
	120	241000,0	-	248000,0		S
	120	248000,0	-	250000,0		P
N	25	7,050	-	7,1		P
	25	14,0	-	14,25		P
	25	28,0	-	29,7		P
	25	144,0	-	146,0		P
	25	430,0	-	436,0		P
	25	436,0	-	440,0		S

Fig. 1.03 De frequentietabel uit de F en N zendregistratie. Bron: Agentschap-Telecom

Bekijk je bijvoorbeeld de 2 m amateurband (144 tot 146 MHz) en gaan we deze uitvergroten, dan spreken we van de **bandindeling** of het **bandplan**.
Zie figuur 1.4. Enkele hierin veel gebruikte afkortingen betekenen:
ATV Amateur Televisie
APRS Automatic Position Reporting System
CW Continuous Wave of morse telegrafie
EME Earth Moon Earth of verbinding via maanreflectie
FM Frequentie Modulatie
MGM Machine Generated Modulation of digitale transmissietechniek
MS Meteor Scatter of verbinding via reflectie tegen meteoren
PSK Phase Shift Keying
RTTY Radio Tele Type of telex
SSB Single Side Band of enkelzijband
SSTV Slow Scan Televisie

International Amateur Radio Union - Region 1   Landshut 2017

Frequency	Maximum Bandwidth	Mode	Usage
144.000 **144.025**	**2 700 Hz**	**All Mode**	**Satelite (downlink only)**
144.025 **144.100**	**500 Hz**	**Telegraphy (EME)**	144.050 Telagraphy calling 144.100 Random MS
144.100 **144.150**	**500 Hz**	**Telegraphy & MGM**	144.110-144-160 EME MGM
144.150 **144.400**	**2 700 Hz**	**Telegraphy, MGM & SSB**	144.195-144.205 Random MS SSB (**m**) 144.300 SSB Centre of activity
144.400 **144.490**	**500Hz**	**Telegrapy & MGM**	Beacons only
144.491 144.493	500 Hz	EMGM	Experimental MGM
144.500 **144.794**	**20 kHz**	**All Mode**	144.500 Image mode centre (SSTV, Fax,...) 144.600 Data Centre of activity (MGM, RTTY,..) 144.750 ATV Talk back
144.794 **144.9625**	**12 kHz**	**MGM** **Digital communication**	144.800 APRS 144.8125 DV internet voice gateway 144.8250 DV internet voice gateway 144.8375 DV internet voice gateway 144.8500 DV internet voice gateway 144.8625 DV internet voice gateway
144.975 **145.194**	**12kHz**	**FM / DIgital Voice**	Repeater input exclusive
145.194 **145.206**	**12 kHz**	**FM / Digital Voice**	Space communication
145.206 **145.5625**	**12 kHz**	**FM / Digital Voice**	145.2375 FM Internet Voice Gateway 145.2875 FM Internet Voice Gateway 145.3375 FM Internet Vocie Gatway 145.375 digital voice calling 145.500 FM calling
145.575 **145.7935**	**12 kHz**	**FM / Digital Voice**	Repeater Output exclusive
145.794 **145.806**	**12 kHz**	**FM / DIgital Voice**	Space communication
145.806 **146.000**	**12kHz**	**All Mode**	Satellite exclusive

Please see the IARU Region 1 VHF Handbook for details

Bron: https://www.iaru-r1.org/index.php/spectrum-and-band-plans/vhf/2-meter

Fig. 1.04 Bandplan voor de 2 meter amateurband Zie ook Vademecum v d Zendamateur

Het is niet toegestaan om als amateur buiten de wettelijk toegewezen frequentie gebieden te zenden. De amateurs bepalen zelf wat er met bepaalde toegewezen frequentie gebiedjes gaat gebeuren. De amateurverenigingen doen dit in nationaal en internationaal overleg. Internationaal worden er afspraken gemaakt binnen de IARU, de International Amateur Radio Union.

In Nederland is de VERON hierbij aangesloten.
Om een goed gebruik van de amateurbanden mogelijk te maken, is een bandplan absolute noodzaak. De basisfilosofie achter zo'n bandplan is:

- Frequentiegebiedjes zodanig plannen dat onderlinge storing tussen experimenterende amateurs voorkomen wordt.

- De bandplannen zodanig maken dat er in de toekomst geen grote veranderingen nodig zijn. Dit om technische problemen en/of grote kosten voor veel amateurs (bijvoorbeeld, een volledige verandering van de relaiszenderkanalen) zoveel mogelijk te voorkomen.

Voor het totale overzicht van alle bandplannen en de nadere details verwijzen we naar het VERON *Vademecum voor de Nederlandse radio-amateur*. Dit is een uitgave van het VERON Servicebureau.
In de registratievoorschriften en beperkingen wordt aangegeven welke banden, of delen van banden, door de registratiehouder mogen worden gebruikt en onder welke voorwaarden. Zie figuur 1.3 voor een beknopte versie.

Figuur 1.05 geeft een overzicht van meest gebruikte amateurbanden en de frequentiegroep waarin ze vallen.

Frequentiegebied		Frequentiegebied	**Amateurbanden**
MF	Medium Frequency	300 - 3000 kHz	160 m
HF	High Frequency	3 - 30 MHz	80, 40*), 30, 20*), 17, 15, 12 en 10*) m
VHF	Very High Frequency	30 - 300 MHz	6, 2 *) m
UHF	Ultra High Frequency	300 - 3000 MHz	70 *), 23, 13 cm

Fig. 1.05 De meest gebruikte amateurbanden.
**) De N(ovice) registratie geeft toegang tot de 40-, 20-, 10-, 2 m en de 70 cm band*

Een omroepzender kun je altijd terug vinden, als je zijn zendfrequentie maar weet. In de handel zijn boeken en CD-ROMS te koop die deze informatie bevatten.
Een groot verschil tussen omroep en amateurs is dat de omroepstations altijd een vaste frequentie hebben en de amateurs niet. Amateurs stemmen hun zender net zo makkelijk op verschillende frequenties af als de ontvanger. Ze zenden uiteraard alleen binnen de aan hen toegewezen frequentiegebieden.

Tot nu toe was er sprake van ***frequenties*** waarop wordt uitgezonden. Er zijn nog 2 manieren om de plaats van een zender in het frequentiespectrum terug te vinden:

1. We kunnen een bepaald deel van het frequentiespectrum eruit nemen, bijvoorbeeld neem het gebied van 28 tot 30 MHz. Dit gebied is 2 MHz breed. Dit delen we dan bijvoorbeeld in 40 ***kanalen*** in. Ieder kanaal is dan 2:40 = 0,05 MHz. Meestal zeggen we dan: "dat kanaal is 50 kHz breed".
Vervolgens geven we deze "kanalen" een nummer. Spreken we af dat we elkaar treffen op kanaal 22 dan zegt dat in feite dus niets. Er is alleen een afspraak voor bepaalde apparatuur. Alleen in dat geval zou je kunnen uitrekenen welke frequentie het is. Zo hebben de luchtmacht en taxibedrijven enzovoorts hun eigen frequentiebandjes met een eigen kanaalindeling en aanduiding.

2. Een andere mogelijkheid is een oude; we geven de ***golflengte*** van een zender aan. Op omroepontvangers wordt deze nog aangetroffen. Ook in het spraakgebruik vind je dit begrip nog steeds terug. Immers we hebben het altijd over de kortegolf, evenzo de middengolf en de lange golf niet te vergeten. De middengolf bestrijkt het gebied van ongeveer 190 tot 560 meter.

1.2 Verband tussen frequentie en golflengte

Je kunt de frequentie omrekenen naar de golflengte en terug. Wel moeten we weten wat dan de snelheid van het radiosignaal is. De snelheid bedraagt in vacuüm 300.000 km/s. In de lucht is dat iets lager. Voor berekeningen gaan we echter altijd uit van **300.000 km/s**.
Stel op de middengolf is een station dat op 300 meter uitzendt, zijn frequentie is dan 300.000.000 m/s : 300 m = 1.000.000 hertz ofwel 1 MHz.

Een ander voorbeeld,

Een amateurstation werkt op een frequentie van 145 MHz. De golflengte is dan 300.000.000 : 145.000.000 = 2,068 m.
Vervoer je deze golf via een elektrische kabel dan bedraagt de *snelheid in de kabel* circa 75% van de snelheid in de lucht. Hierdoor wordt de golflengte in de kabel korter. Dit hangt met de constructie en gebruikte materialen van de kabel samen. In de gegevens van een kabel vind je dit begrip terug als *velocityfactor* (of in het Nederlands *verkortingsfactor*). Bijvoorbeeld 0,77 geeft aan dat de snelheid in de kabel 77% is van die in lucht.
Zo is de golflengte van een signaal waarvan de frequentie 145 MHz is, in een kabel met een velocityfactor van 0,77 (= 77 %) te berekenen. Deze is 0,77 x 2,068 = 1,59 m.

Het verband tussen frequentie en golflengte kunnen we ook in een formule weergeven:

$$Golflengte = \frac{300000000}{frequentie}$$

Golflengte in meters
Frequentie in hertz

$$\text{of: } \lambda = \frac{300000000}{f}$$

Fig. 1.06 Formule voor het berekenen van de golflengte of de frequentie.

Wordt de snelheid in m/s, en de golflengte (λ) in meters aangegeven, dan is de uitkomst de frequentie (f) in hertz. Het is handig om de frequentie in MHz uit te drukken. Uit d+e formule vallen dan 6 nullen weg.

Opgaven:
1. Welke frequentie heeft een omroepzender met een golflengte van 21,5 m? In welk frequentiegebied is deze zender dan geplaatst?
2. Welke amateurband zit vlak bij de omroepzender uit vraag 1?
3. Wat is de golflengte van een amateurzender die een frequentie van 145,6 MHz gebruikt? Wat zijn de laagste en hoogste frequenties die door amateurs in deze band gebruikt mogen worden? Op welke frequenties in deze band kunnen we gebruik maken van een relaisstation?
4. Indien de frequentie van 145,6 MHz op een kabel gezet wordt, wat is dan de golflengte (snelheid = 70%) in de kabel? Wat is de golflengte in de lucht?
5. We spreken altijd over de 80 m amateurband. Welke frequentieband is voor amateurs te gebruiken in dit gebied? En welke frequentie komt met precies 80 m overeen?
6. Welk frequentiegebied wordt door de middengolf bestreken?
7. Welke golflengte heeft een frequentie van 14,1 MHz?
8. Welke frequentie hoort bij een golflengte van 200 meter?
9. Een weersatelliet zendt uit op 137 MHz. Welke golflengte is dit?
10. Een amateur zendt uit op 7,01 MHz. Welke golflengte is dit?
11. Als we uitzenden op 145 MHz in de 2 meter band, wat is dan precies de golflengte?

1.3 Wat zijn radiogolven?

In het voorgaande is geschreven over *radiogolven*. Deze golven kun je niet zien of horen. Wiskundigen en natuurkundigen hebben zich erover gebogen en er zijn genoeg boeken met theoretische verhandelingen over dit verschijnsel. Maar hoe moet je je dat nu praktisch voorstellen?
De radiogolf is opgebouwd uit een *magnetisch veld en een elektrisch veld.* Omdat deze twee absoluut bij elkaar horen spreken we over het *Elektro-Magnetisch veld*, afgekort als het E-M veld.

Het **magnetische veld** kennen we wel. Al was het maar van de magneet met zijn spijkertjes. Je weet dat je een magnetisch veld niet kunt voelen, ruiken of zien.
Dit magnetisch veld is tussen de polen van een magneet constant in sterkte. We spreken in zo een geval over een *stationair magnetisch veld.* Wanneer het magneetveld op de een of andere manier continu in sterkte verandert dan noem je dat een *dynamisch magnetisch veld.*

Evenzo geldt dit voor het **elektrisch veld**. Dit veld ken je van onze kleding. Wanneer je je trui uittrekt dan hoor je het knetteren, of in het donker zie je vonkjes flitsen. Zo ook het verschijnsel met de haarkam die instaat is om kleine stukjes papier aan te trekken. Deze velden noemen we *stationaire elektrische velden.* Ook hier spreken we over een *dynamisch elektrisch veld* wanneer dit veld continu in sterkte verandert.

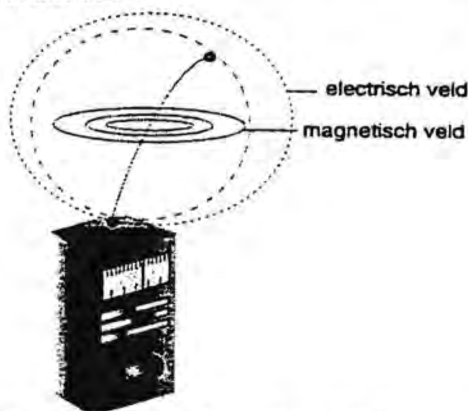


Fig. 1.07 Het E-M veld rondom de antenne.

Een zendantenne veroorzaakt een *dynamisch* E-M veld. Een ontvangantenne bevindt zich in het E-M veld dat de zender veroorzaakt. Dit veld is bijzonder zwak wanneer we een eind van de zender weg zijn. Dichtbij kan het bijzonder sterk zijn. Ook kan het E-M veld gebundeld worden. Denk maar eens aan een zender die een radarsignaal uitzendt, daar wordt alle energie in een zeer smalle bundel geplaatst. In dat geval kan het zeer zeker gevaar voor mens en dier opleveren.

De ontvangst antenne bevindt zich in de E-M velden die door *alle* zenders over de gehele wereld veroorzaakt worden. De ontvanger laat dan alleen *jouw* keuze door en versterkt het signaal. Vervolgens wordt het omgezet in een voor mensen hoorbaar signaal.

Bij het ontvangen gaat het niet altijd naar wens. De zendamateur onderscheidt drie verschillende vormen van storingen in de ontvangst.

• Je kunt last hebben van 2 of meer *zenders die elkaar storen* omdat ze op dezelfde of nagenoeg dezelfde frequentie uitzenden, **QRM** noemen we dat. Deze lettercode komt van de zogenoemde Q-code. Deze code komt voort uit de telegrafie, het werken met de morsesleutel, waar men veel codes en afkortingen kent.

• Een andere vorm van storing is de **QRN**, waarmee men *luchtstoringen* veroorzaakt door onweer, een statische regen- of ijzelbui bedoelt. In dit geval komt er een hoop gekraak en gefluit uit de luidspreker of de hoofdtelefoon. Je conclusie is dan dat die bui ook E-M velden veroorzaakt.

• Verder kennen we storingen die veroorzaakt worden door de aanwezigheid van een computer of *andere storingsbronnen* (stofzuiger) in de shack of bij de buurman. Deze storingen kunnen via de antenne of het lichtnet binnenkomen. Je hoort dan geratel een sterke ruis of een fluittoon door het te ontvangen signaal. Deze storing wordt ook met **QRM** aangeduid.

1.4 Laagfrequente trillingen

De volumeregelaar

Kijken we naast de afstemschaal dan zien we een knop waarbij vermeld staat: VOLUME of soms de afkorting:AF, dit laatste staat dan voor Audio-Frequent. Dit is de knop om het geluid harder of zachter uit de luidspreker te laten komen. In plaats van een luidspreker kan meestal ook een hoofdtelefoon aangesloten worden.

Veel mensen prefereren deze omdat je je daarmee beter kunt concentreren op zwakkere signalen.

Voor de huisgenoten is het ook vaak prettiger omdat het gepiep en geknars op hen niet altijd even muzikaal overkomt.

Deze volumeregelaar heet *potentiometer*. In schema's vind je de potentiometer afgebeeld als een weerstand met een verplaatsbare aftakking:



Fig. 1.08 Bedieningsknoppen van een transceiver

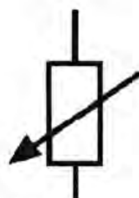


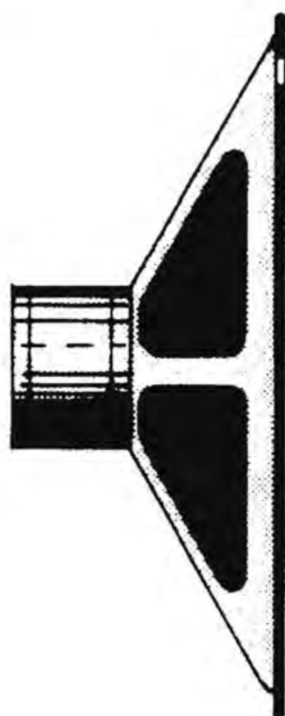
Fig. 1.09 De potentiometer.

De luidspreker

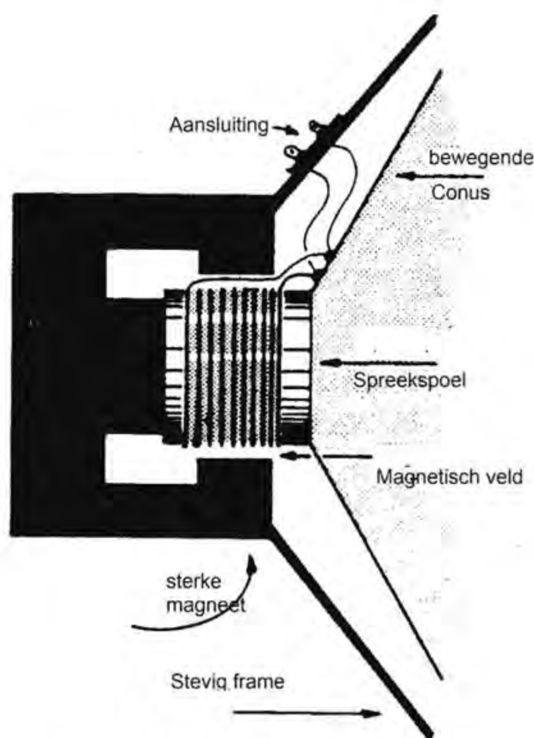
Een luidspreker is een energieomzetter, er wordt elektrische energie omgezet in hoorbaar geluid. Geluid plant zich in de ruimte voort als een luchtverplaatsing. Aangezien het aantal trillingen per seconde laag is, spreken we altijd over *laagfrequente-trillingen* of kortweg *Audio*. De laagste frequentie die mensen kunnen horen ligt ongeveer bij 40 hertz. De hoogste toon die men kan horen ligt ongeveer bij 18.000 hertz. Deze tonen hoor je alleen indien je gehoor niet beschadigd is door de disco of andere zeer harde geluiden. Het geluid uit een hoofdtelefoon kan ook te hard zijn, pas daarvoor op!

Het principe waarop de werking van de luidspreker berust is als volgt: er wordt gebruik gemaakt van één der belangrijkste eigenschappen van de elektrische stroom, namelijk *indien door een draad een elektrische stroom vloeit, dan is er om die draad* ***altijd*** *een magnetisch veld aanwezig.*

Plaats je nu een stroom voerende draad die bewegen kan in een ander constant magnetisch veld, bijvoorbeeld van een sterke permanente magneet, dan zullen die twee magneetvelden invloed op elkaar uitoefenen. Het resultaat is dan dat de draad zich een klein stukje verplaatst.
Verandert nu de stroomsterkte in de draad dan zal het magnetisch veld om de draad van sterkte veranderen. De 2 magneetvelden zoeken dan heel snel een nieuw evenwicht, dus de draad neemt een andere stand aan.
Dit effect kun je zelf constateren indien je je vingertoppen losjes tegen de conus van de luidspreker houdt en je een batterij met de luidspreker verbindt.



Figuur 1.10 Luidspreker



Figuur 1.11 de luidspreker van binnen bekeken

1.5 De elektrische stroom en de tijd

1.5.1 Gelijkstroom en wisselstroom

Wanneer je een batterij op een luidspreker aansluit dan valt het op dat de conus van de luidspreker alleen naar voor of achter gaat en daarna stil blijft staan. Aangesloten op een toongenerator gaat de conus heen en weer. Wat is het verschil?
De stroom uit de batterij vloeit in één bepaalde richting. De stroom verlaat de batterij aan de plus (+) pool, vloeit door de spoel van de luidspreker naar de min (-) pool van de batterij terug. De elektrische stroom is dan constant in één richting in beweging. Deze stroom noem je dan ook **gelijkstroom**.
De stroom en de tijd kan je in een grafiek tekenen. De verticale as gebruik je dan als voorwaarde van de elektrische stroom. De horizontale as gebruik je om de tijd op uit te zetten. De tijd kan in uren, minuten of seconden zijn. In figuur 1.12 zie je dat gedurende enige tijd de stroom constant is. Maar we weten uit praktische ervaring dat de batterij na verloop van tijd echt wel "leeg" is. Dit effect wordt meestal niet getekend. Vervolgens draai je de polariteit van de stroombron om. De stroom zal dan in tegengestelde richting door de spoel van onze luidspreker vloeien. Wat gebeurt er met de conus?

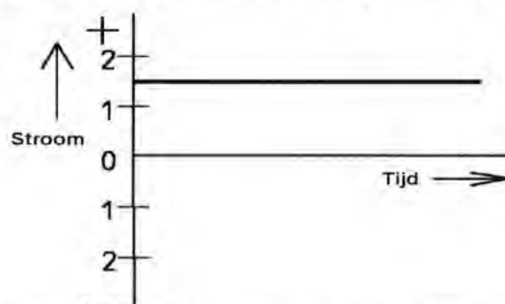


Fig. 1.12 De stroom vloeit in één richting.

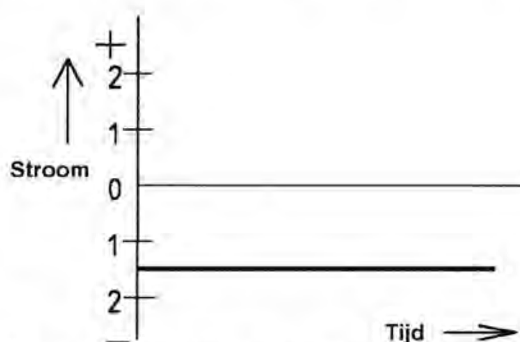


Fig. 1.13 De stroom vloeit nu enige tijd in de andere richting.

Je kunt de stroomrichting weer in onze grafiek tekenen en krijgt figuur 1.13. Sluit je nu een toongenerator aan dan voel je de conus als maar heen en weer gaan, dus de stroom keert daar steeds van richting om! Daarbij kan hij op diverse manieren in grootte veranderen. De simpelste manier kunnen we in beeld brengen door naar figuur 1.14 te kijken.
Je ziet hier een wisselstroom getekend die gelijkmatig van *waarde* en van *richting* verandert. Het figuur komt steeds weer terug. Draaien we nu de volumeregelaar wat verder open dan zal de stroom door de luidspreker groter worden, de waarde van de stroom wordt groter.

We zeggen dan dat de *amplitude* van *de wisselstroom* groter is geworden.
Overigens, in de wiskunde heet zo een figuur *sinusvorm*. Ziet een wisselspanning of wisselstroom er zo uit dan zeg je "een sinusvormige wisselspanning of wisselstroom".

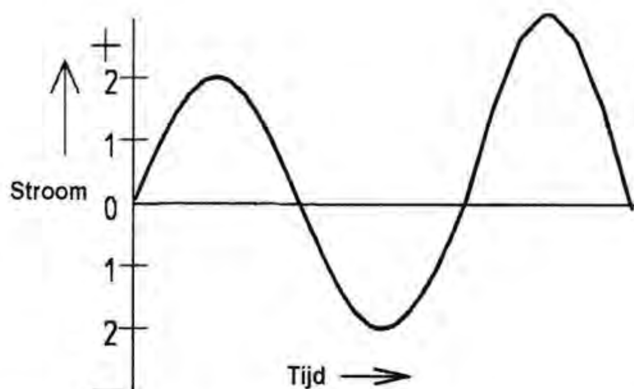


Fig. 1.14 De amplitude van de wisselstroom wordt groter

Het figuur dat zich steeds herhaald noemen we een *periode*. De tijd die een periode inneemt noem je de *periodetijd* en geef je aan het de letter T Zie figuur 1.15.
Nu tellen we het aantal perioden per seconde. We noemen dit **hertz** en geven het de letter *f*. Dus 50 hertz is 50 perioden per seconde en 145 MHz is dus 145.000.000 *perioden per seconde.*

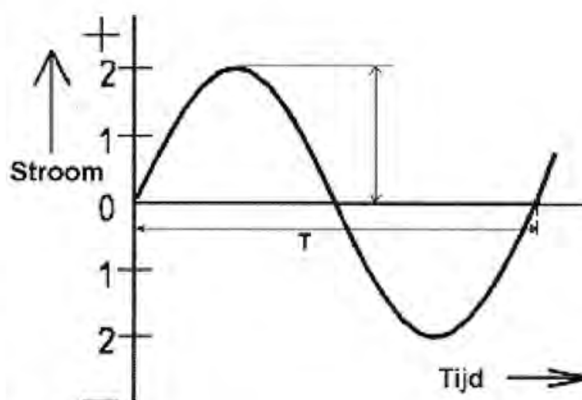


Fig. 1.15 Wisselstroom, grootte ***en*** *stroomrichting veranderen afhankelijk van de tijd.*

Rekenen we nu de periodetijd uit dan is dit respectievelijk 1/50 seconde en 1/145.000.000 seconde.
We schrijven daarom wel:

$$f = 1/T$$

Waarin f de frequentie in hertz
en
T de periodetijd in seconden is

fig. 1.16 Berekenen van de periodetijd en frequentie

Test jezelf:

1. Een signaal heeft een periodetijd van 1 ms (0,001 s). Welke frequentie heeft dit signaal?
2. Hoe groot is de periodetijd van een 432 MHz signaal?
3. Hoe groot is de periodetijd van het 50 Hz lichtnet?

1.5.2 Het audiosignaal

Leg je nu je vingertoppen tegen de conus als je muziek hoort dan trilt deze. Het trillen is het snel voor- en achteruit bewegen. Hoor je een heel orkest dan maakt de conus zeer gecompliceerde bewegingen. De spanning over en dus de stroom door de luidsprekerspoel is in de tijd gezien zeer veranderlijk. Het stroom-tijd diagram kan er dan bijvoorbeeld zo uitzien:

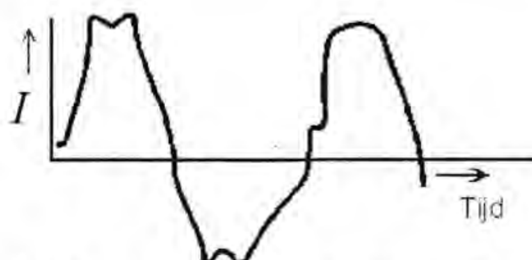


Fig. 1.17 Voorbeeld van een audiosignaal.

Op de verticale as is de waarde van de stroom of de spanning geplaatst. Zo een diagram is duidelijk zichtbaar te maken op een meetinstrument, die men *oscilloscoop* noemt. **Spraak** en **muziek** noem je *audiosignalen*.

1.6 Het digitale signaal

De signalen die tot nu zijn beschreven, zijn zogenaamde analoge signalen. Deze zijn helaas onderhevig aan allerlei typen van storingen en ruis. Men heeft naar een methode gezocht die hiervan geen hinder zou hebben. Zoals iedere CD bezitter weet kan dat met de zogenaamde *digitale techniek*. Deze techniek wordt door de amateurs ook steeds vaker toegepast. Daarom een korte uitleg over het principe ervan.

Eerst nog even het **analoge signaal**.
Een analoog signaal wil zeggen dat we een signaal hebben waarvan we op ieder willekeurig moment een bepaalde waarde kunnen meten. Kijken we naar een spraaksignaal dan hebben we ieder moment een andere spanning.
Meten we dit signaal met een voltmeter dan zien we de meter in voortdurende beweging.

Het **digitale signaal**.
Bij een digitaal signaal zullen we op de een of andere manier getallen overzenden. Eén zo een getal kan de waarde vertegenwoordigen van een analoog signaal *op een gegeven moment*. Een heleboel van deze getallen achter elkaar kan de inhoud van een analoog signaal vertegenwoordigen.
Het principe is nu: we hebben een analoog signaal en zetten dit om naar een digitaal signaal. We versturen dan de reeksen getallen naar een ontvanger. Deze ontvanger moet dan de digitale getallen weer omzetten naar een analoog signaal bestemd voor de luidspreker.

We spreken dan in de eerste situatie over een *analoog-digitaal* omzetter [AD-converter] en in de tweede situatie over een *digitaal-analoog* omzetter [DA-converter].
Dank zij de geïntegreerde schakelingen is het mogelijk om het een en ander te realiseren.

Van analoog naar digitaal
Stel nu dat je een analoog audiosignaal gaat omzetten en dus gaan digitaliseren. Wat houdt dit in?
Stel dat er een analoog signaal is, zie figuur 1.18. Nu gaat men steeds in een bepaalde tijd de grootte van dit signaal meten op de punten T1 ... T8. Dit is een continue proces. Dit bepalen van de grootte van het signaal gaat in de praktijk zeer snel. Elke gemeten waarde wordt vervolgens omgezet naar een digitaal getal.

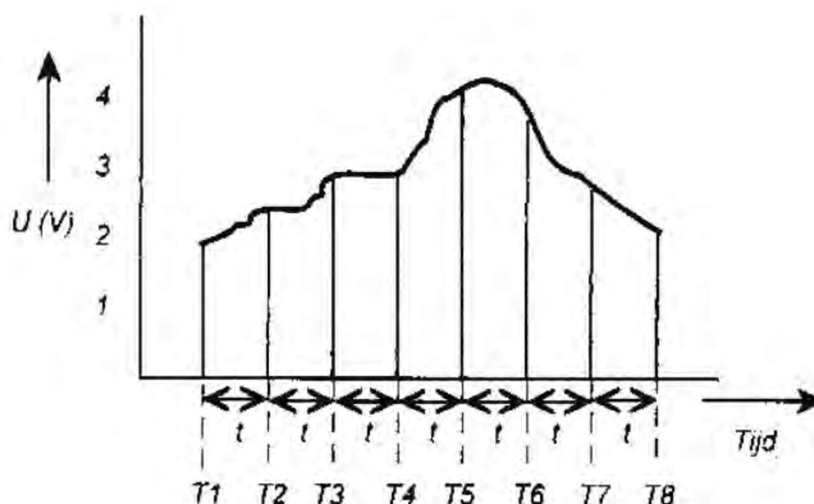


Fig. 1.18 Het bemonsteren van een analoog signaal.

De meting noemt men het **bemonsteren** van het signaal. In het figuur is er dus 8 x maal bemonsterd. Zo heeft monster T1 een waarde van 2,0V. Iedere bemonstering vertegenwoordigt een bepaalde waarde van de analoge spanning op een gegeven moment.

Digitaal stelsel
We moeten nu even een uitstapje maken naar het idee van de digitale getallen. In het normale 10-tallig stelsel bestaat een getal uit cijfers, zo betekent het getal

769 (= decimaal)
7 x **100** (=7 x 10^2) + 6 x **10** (=6 x 10^1) + 9 x **1** (=9 x 10^0).

De cijferplaats waar de 7 staat, is de meest belangrijke (meest significante) en de 9 het minst belangrijk (minst significante). Omdat wijziging van het cijfer 7 een veel groter gevolg heeft dan wijziging van het cijfer 9.

In het digitale systeem werkt het ook zo. Er wordt daarbij een *binaire code* gebruikt om de waarde aan te geven. Binair wil zeggen dat er maar twee waarden bestaan voor een cijferplaats, meestal wordt deze waarde als 0 en 1 geschreven. Dus een cijferplaats kent maar 2 waarden, in plaats van 0 tot en met 9 zoals in het 10-tallig stelsel. Zo betekent het binaire getal:

1010 (= bin)

$$1 \times \mathbf{2}^3 + 0 \times \mathbf{2}^2 + 1 \times \mathbf{2}^1 + 0 \times \mathbf{2}^0.$$

Deze cijferplaatsen noemt men *bits*. Het getal 1010 bestaat dus uit 4 bits. Het linker cijfer is ook hier het *meest significant* en het meest rechtse het minst. De decimale waarde is dus 8 + 0 + 2 + 0 = 10

Om nu de monsters van een analoog signaal te nemen zijn bepaalde standaards ontwikkeld, we kennen analoog/digitaal omzetters (AD converter) die een 8, 10, 12, 16, 32 of 64 bits binair getal afgeven. Hoe meer bits, hoe nauwkeuriger de gemeten waarde weergegeven kan worden.

Decimaal getal	Het binaire getal											
	2^{11}	2^{10}	2^9	2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
179					1	0	1	1	0	0	1	1
2869	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1

Fig. 1.19 Voorbeeld van een willekeurig 8 en een 12 bits getal en wat men zich daarbij kan voorstellen. De nullen en de enen kunnen bijvoorbeeld toontjes van een bepaalde frequentie zijn of spanningssprongen van 0,5 V naar 5 V.

Het is natuurlijk wel zo dat een 16 bits getal veel langer is dan een 8 bits en dus meer tijd nodig heeft om overgeseind te worden of een hogere seinsnelheid verlangt. Immers het getal moet verzonden zijn voordat het nieuwe getal zich meldt. Bij een hogere seinsnelheid is de tijdsduur per bit korter.

Signaalomzetting

In het volgende schetsje is de gang van zaken, zoals hiervoor beschreven, vereenvoudigd weergegeven.

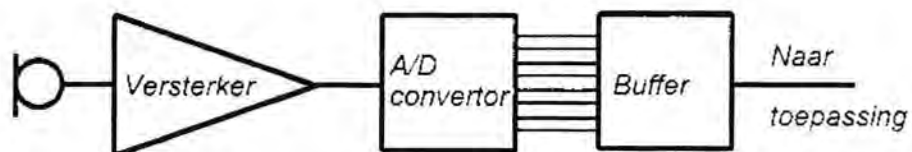


Fig. 1.20 Analoog / Digitaal omzetting. Het symbool geheel links stelt de microfoon voor.

De procedure van digitaal naar analoogsignaal gaat in omgekeerde volgorde.

2 Voedingsbron en beveiliging

2

Geen elektronica-apparaat kan zonder elektrische spanning werken. Er bestaan dan ook vele mogelijkheden om aan een elektrische spanning te komen. Het hangt van de toepassing af welke mogelijkheid we kiezen. We onderscheiden de volgende mogelijkheden voor het verkrijgen van de elektrische spanning:

• Het lichtnet van het elektriciteitsbedrijf. De spanning wordt verkregen door gebruik te maken van dynamo's. Deze dynamo's worden aangedreven door stoom verkregen door verbranding van steenkool, gas, olie of kernenergie. Dynamo's kunnen ook aangedreven worden door waterkracht.

• Batterijen en accu's. De elektrische spanning wordt verkregen door chemische werking. Dit is prima materiaal voor draagbare apparatuur.

• Zonnecellen. Tegenwoordig vaak gebruikt in caravans. Geschikt voor lage vermogens. Veelal gebruikt in samenwerking met een accu. Ook steeds vaker geplaatst op daken van woonhuizen en gekoppeld aan het lichtnet.

• Windenergie. Is in opkomst en wordt gekoppeld aan het lichtnet.



Fig. 2.01 De aansluiting voor een voedingsbron. Links voor 230V en rechts voor laagspanning. De maximaal toe te laten spanning staat vermeld op de linker entree omdat dat een hogere en daardoor gevaarlijke spanning is.

Op de linker entree staat 250 V en bij de plug rechts staat in de catalogus 34 V vermeld. Wat houdt dat in? 34 V wordt uitgesproken als 34 volt. De *volt is de eenheid van de elektrische spanning*. Zo hebben de gewone batterijtjes een spanning van 1,5 volt.

2.1 Spanning uit batterijen

Bij batterijen wordt deze spanning veroorzaakt door chemische reacties. De goedkoopste batterijen zijn gemaakt van koolstof en zink met een zout als vloeistof er tussen. De allereerste elementen, met de naam van Volta, bevatten zwavelzuur. Net zoals de huidige accu's die in auto's gemonteerd zijn.

De simpele chemische cel heet *element*. Maken we een schakeling met diverse elementen dan noem je dat een *batterij*. Inderdaad spreek je dan ook bijvoorbeeld over een (platte) batterij van 4,5 V. Want wanneer je deze openmaakt dan zie je 3 elementen. Deze drie zijn in **serie** geschakeld. In een schema geef je dit, zoals in figuur 2.2 is getekend, aan.

Iedere cel levert dus 4,5V : 3 = 1,5V. Cellen gemaakt van Nikkel Cadmium (ook wel Nicads genoemd) leveren de lagere spanning van 1,2V op. Vervangen van het een door het andere kan een probleempje opleveren.

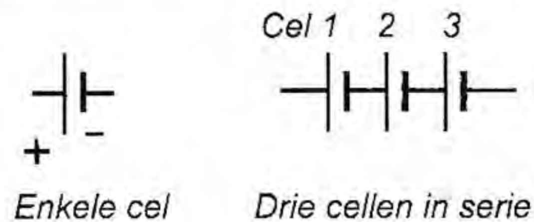


Fig. 2.02 Enkele cel en een combinatie van drie cellen in serie

Duidelijk is doorverbinding van het ene element naar het andere te zien. .De lange streep stelt de + (plus) en de korte streep de - (min) pool van het element voor. Vaak ziet men deze doorverbinding in het batterijcompartiment van de transistorontvanger zitten. Soms zijn ze niet nodig omdat de elementen tegen elkaar aangedrukt worden en de verbinding zo automatisch tot stand komt. Een nadeel is dat je deze elementen niet kunt opladen, het is een weggooi artikel. Een *accu* kun je *laden en ontladen.* Meestal bestaat hij uit een aantal cellen. De accu kan bestaan uit diverse materialen. De autoaccu is van lood en zwavelzuur, de accu voor draagbare apparatuur is nog niet uitontwikkeld. Het gaat om zoveel mogelijk energie per cm^3. Denk aan Lithium-ionen, Metal Hydride etc. De nieuwste accu's worden gemaakt met behulp van Lithium IJzer Posphaat,kortweg LiFePo genaamd. Deze accu's zijn licht in gewicht en hebben een hoge energie-dichtheid, daarbij ook een lage inwendige weerstand, constante spanning afgifte mede door een elektronische schakeling die erbij gemonteerd is.



Fig. 2.03 De accu en de batterij en het elektrische symbool dat hiervoor gebruikt wordt. Links twee herlaadbare evengrote Ni Mh accu's met verschillende capaciteit.

De spanning die een element heeft hangt af van de gebruikte materialen; het principe is altijd *2 verschillende metalen waartussen een zuur of zout* aanwezig is. Soms ontstaan er chemische elementen daar waar we ze niet willen hebben.

2

Berucht is bijvoorbeeld de antenne van aluminium waarin zich messing boutjes voor bevestiging bevinden. De regen voert een weinig zuur aan.
Er heeft zich dan een elektrisch element gevormd met het gevolg dat er een stroom gaat vloeien. Na verloop van tijd zal daardoor het aluminium vergaan en de zo fraaie antenne valt uit elkaar! Kunststof boutjes of klemmetjes gebruiken dus.
Elementen moeten wel na verloop van tijd worden vervangen en accu's zullen opgeladen moeten worden. Het is maar waar je voor kiest. Beiden leveren een *gelijkspanning*. Proefjes met batterijen zijn niet gevaarlijk. Anders wordt het wanneer je aan het lichtnet gaat werken.

De *eenheid van spanning is de VOLT* (V). Soms is de spanning erg laag bijvoorbeeld: 0,05 V. We zeggen dan liever 50 *milli* volt, kortweg 50 mV. Nog lager is de spanning aan de ontvangantenne. Daar kun je signalen meten van 3µV, spreek uit: drie *micro* volt. Dit komt overeen met 0,000 003 volt.

Het lichtnet heeft een spanning van 230 V en is een wisselspanning. De grens voor een veilige spanning ligt bij ca 60 V. Het hangt van de omstandigheden af, (ben je bezweet?), die de gevoeligheid voor spanning beïnvloeden. Eigenlijk zit het gevaar in de elektrische *stroom* die dóór je lichaam gaat.

De *eenheid van stroom is de AMPÈRE* (A). Ook hier gebruik je voor kleine stromen vaak een toevoeging. Bijvoorbeeld: 0,05 A is 50 *milli* ampère, kortweg 50 mA. Een nog kleinere stroom is bijvoorbeeld 0,000 003 A. Dit schrijf je als 3 µA, spreek uit: drie *micro* ampère.

2.2 Spanning, EMK en klemspanning

We hebben het gehad over spanning uitgedrukt in volt. Met *spanning* wordt een begrip *verschil* aangeduid. Eigenlijk is dit laatste een mooi woord omdat het aangeeft dat het altijd tussen 2 draden of plaatsen heerst. Van een batterij is het verschil tussen de + en de - pool afhankelijk van de chemische reacties. Je noemt dit spanningsverschil de EMK, voluit betekent dat: *Elektro Motorische Kracht*. Deze EMK wordt ook in volt (V) aangegeven en is de spanning van de batterij *mits* er geen verbruiker op aangesloten is.
Laten we nu de batterij stroom leveren aan een verbruiker, een lampje bijvoorbeeld, dan zal de spanning aan de klemmen van de batterij iets dalen. Dit hangt ook samen met de ouderdom van de batterij. De spanning die we dan meten noemen we de *klemspanning*.
Zo kan van een batterij de Emk 4,5 V zijn en sluiten we een lampje aan, dan zakt de spanning bijvoorbeeld meteen naar 4,0 V. We noemen deze spanningen: de *klemspanningen* (4,0V) en *het inwendig spanningverlies*(in dit voorbeeld een 0,5 V).Zie figuur 2.04

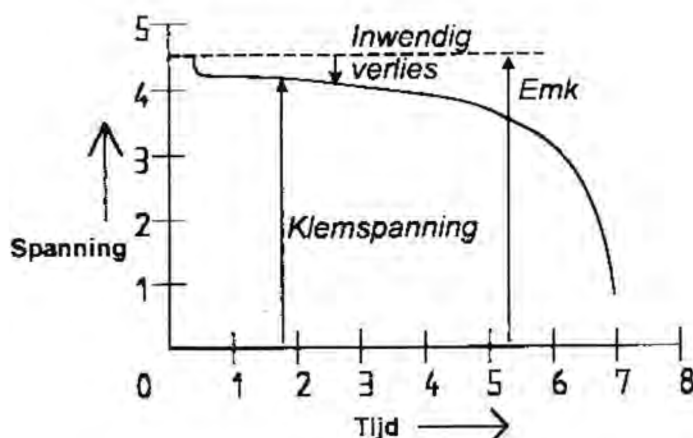


Fig. 2.04 De batterijspanning daalt na verloop van tijd

Na verloop van tijd zal de klemspanning van de batterij steeds lager worden door het toenemende verlies in de batterij. Na verloop van tijd spreken we over een "lege" batterij. In formulevorm:

$$U_{klem} = E_{mk} - U_{inwendig\ verlies}$$

Fig. 2.05 De klemspanning van een batterij.

2.3 De waarde van een wisselspanning of wisselstroom

Bekijk je figuur 1.15 en 2.06 nog eens goed, dan zie je dat de waarde van de wisselstroom op het ene moment positief is en op een ander moment negatief. Gemiddeld over de tijd is de waarde nul (0) als het positieve deel evengroot is als het negatieve. Bovendien kan je in het figuur zien dat de grootte van de stroom geen moment hetzelfde is.
Het gedeelte boven de 0-lijn is precies even groot als het gedeelte er onder. Toch heeft een dergelijk signaal een waarde. Immers onze netspanning is 230 V en dat is toch ook een wisselspanning.

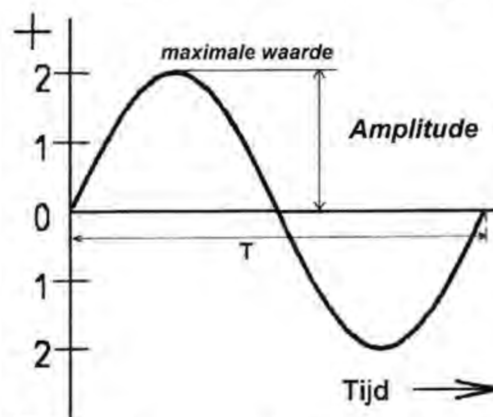


Fig. 2.06 Sinusvormig signaal heeft een effectieve waarde die gelijk is aan 0,7 x de amplitude.

Aan een wisselspanning of -stroom kennen we een *effectieve waarde* toe. De effectieve waarde is die waarde die *evenveel* vermogen in een weerstand in warmte omzet als een gelijkspanning of -stroom van dezelfde waarde.
Dat is de theorie en die lijkt ingewikkeld. De praktijk is echter simpel. De (effectieve) waarde van een sinusvormig signaal is 0,7 x de *maximale* waarde of *top*waarde. In figuur 2.06 is de effectieve waarde dus 0,7 x 2 = 1,4V.

2.4 Stroom, spanning en weerstand

2.4.1 De invloed van de inwendige weerstand

Je zegt altijd dat de elektrische stroom vanaf de pluspool (+) van de batterij door het gloeidraadje van het lampje gaat en vervolgens naar de minpool (-) terug. Deze elektrische stroom is de oorzaak van het gloeien van het gloeidraadje.
De grootte van de stroom wordt bepaald door de constructie van het draadje.

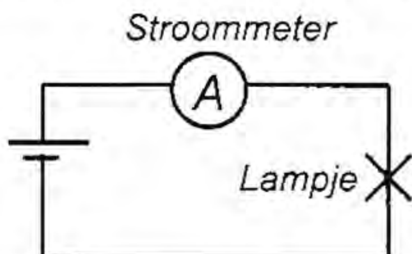


Fig. 2.07 Lampje aangesloten op één batterij.

Schakelen we nu een batterij erbij in serie dan zal de spanning toenemen. Een gevolg is nu dat de stroom door het draadje ook groter wordt. Dit effect kunnen we meten met een stroommeter. Omdat we de stroom als eenheid de naam ampère hebben gegeven, noemen we deze meter een *ampèremeter*.
In het voorgaande werd beschreven dat een batterij uitgeput kan raken. De theorie en praktijk verschillen. Daarom onderscheiden we in de elektrotechniek ideale en niet-ideale componenten. Van een ideale batterij zal de spanning altijd even hoog zijn en hij nooit uitgeput raken bij wat je er ook mee doet. Gemakshalve denk je daarom in eerste instantie altijd aan de ideale eigenschappen en als je vervolgens de werking van iets gaat begrijpen, dan pas ga je de minder prettige eigenschappen bekijken....

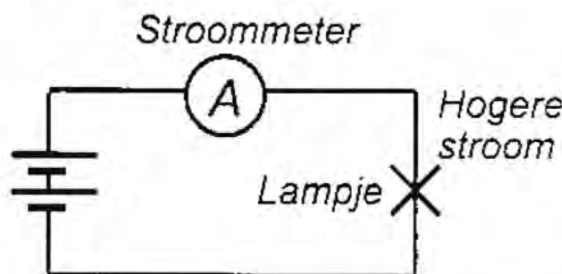


Fig. 2.08 Lampje aangesloten op twee batterijen in serie.

Een minder prettige eigenschap is dat de spanning van een batterij of accu in gebruik steeds lager wordt. Elektrotechnici zeggen dat dit komt omdat de *inwendige weerstand* (R_{inw}) van het element toeneemt. Met andere woorden: *in het circuit waarin de stroom vloeit zit een bepaalde hindernis die met de ouderdom en levensduur alsmede de in de batterij gebruikte materialen te maken heeft.* Zie figuur 2.04.
Deze hindernis blijkt niet constant te zijn. Immers een batterij die "leeg" is en die je dan een poosje laat liggen, blijkt het ineens weer te doen al is het dan meestal maar van zeer korte duur. Bovengenoemde hindernis tekenen we altijd als een blokje (een weerstand) in een schema.

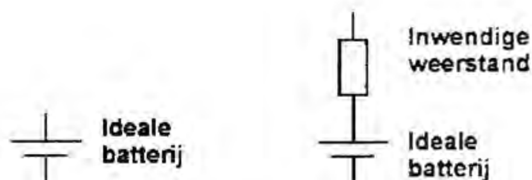


Fig. 2.09 De ideale batterij en de batterij in de praktijk met zijn inwendige weerstand.

Bij een ideale batterij is de klemspanning gelijk aan zijn theoretische spanning,we schrijven dan:

$$U_k = E_{mk}$$

In de praktijk is deze spanning lager, wegens het verlies in de batterij zelf, we schrijven dan:

$$U_k = E_{mk} - U_v$$

Het spanningsverlies in de batterij is afhankelijk van de stroom door de batterij en de hindernis die deze daarbij ondervindt, we schrijven dit als:

$$U_v = I \times R_{inw}$$

Combineren we deze regels, dan is:

$$\mathbf{U_k = Emk - I \times R_{inw}}$$

De letter R waarmee we een weerstand in een elektrisch schema aangeven is de afkorting van resistance, wat weerstand betekent.

De *eenheid voor de elektrische weerstand is de* ***ohm***, kortweg aangegeven met de Griekse letter Ω.
Een weerstand heeft een waarde van 1 Ω (ohm) indien er bij een aangelegde spanning van 1 volt (V) een stroom vloeit van 1 ampère (A).

De *capaciteit* van een batterij of accu geven we aan in *Ah (Ampere-uur)*. Hierbij staat de h voor het franse heure = uur. Dit is het product van *stroom* x *tijd* (dat deze stroom kan worden geleverd).
Kan een kleine batterij bijvoorbeeld gedurende 12 uur een stroom van 50 mA leveren, dan is er een capaciteit van 12 x 0,05 = 0,6 Ah. Een autoaccu heeft een capaciteit van bijvoorbeeld 100 Ah.

Opgaven:

1. 5 Batterijen van 1,5 V staan in serie. De totale onbelaste spanning is dan .. V?
2. 3 st onbelaste batterijen van 1,5 V leveren parallel geschakeld een spanning op van ..... V ? Wat is wel de voorwaarde voor het parallel schakelen van deze batterijen? Denk hierbij aan klemspanning en inwendige weerstand.
3. 25 mV komt overeen met .... V of .... kV.
   125 mV is .... V en 12 V komt overeen met .... :V.
4. Welke factoren bepalen de inwendige weerstand van een batterijtje?

5 Een batterij van 9 V heeft een spanning van 8,3 V bij 20 mA stroom, hoe groot is op dat moment zijn inwendige weerstand?5

2

2.4.2 Wet van Ohm

Bekijk nu nog eens het spanningsverlies. Deze was afhankelijk van de inwendige weerstand. Uit proeven blijkt nu dat als deze weerstand twee maal zo hoog wordt, dat bij *gelijke* stroomsterkte het spanningsverlies ook tweemaal zo groot wordt. Dit gaat uiteraard hier op tot de klemspanning nul volt is geworden. De onderzoeker Ohm (afgekort met de Griekse letter omega = Ω) komt de eer toe, met de toenmalige zeer simpele apparatuur, het verband tussen stroom, weerstand en spanning ontdekt te hebben.

We kunnen deze relatie als een formule schrijven:

$$U = I * R$$

Hierin is U de letter voor de spanning
I is de letter voor de stroom
R staat voor de weerstand

Dus:

$$I = U / R \quad en$$

$$R = U / I$$

Fig. 2.10 De Wet van Ohm.

Deze formule noemen we ter ere van de ontdekker de **WET van OHM**. Verder in dit boek zal je deze formule nog vele malen tegenkomen.

Geleiders en isolatoren

Er zijn materialen die de stroom heel gemakkelijk geleiden. We noemen deze stoffen *geleiders*. Hieronder vallen o.a. koper, ijzer, aluminium en koolstof (grafiet).
Andere stoffen geleiden in het geheel geen stroom. We noemen ze *isolatoren*. Hiertoe behoren bijvoorbeeld lucht, mica, diverse kunststoffen zoals polystyreen, polyester en de keramische materialen.

Opgaven:

1. Op een lampje met een weerstand van 5 Ω staat een spanning van 10 volt. Welke stroom zal er vloeien?
2. Een autolamp voor 12 volt neemt een stroom op van 5 ampère, welke weerstand zal het lampje op dat moment hebben?
3. Een relaisspoel met een weerstand van 250 ohm wordt goed magnetisch bij een stroom van 0,1 ampère. Welke spanning hebben we dan nodig?

2.5 Spanning uit het lichtnet

2.5.1 De net aansluiting

De netspanning komende van de elektriciteit centrales wordt via kabels en transformatoren naar het huis gevoerd. Dit systeem bestaat uit 3 draden (R, S en T genoemd) die spanning voeren tegenover de aarde. Een woonhuis krijgt meestal zijn energie via één van deze draden met de nuldraad aangevoerd. Alleen bij krachtinstallaties (aansluitingen voor elektrische motoren, etc.) wordt de energie via deze 3 draden aangevoerd. In het transformator station is de nuldraad met behulp van een aardelektrode met de aarde verbonden.

Aangezien er een lange afstand kan bestaan tussen dit station en de woonhuizen en er sprake kan zijn van een ongelijke belasting, immers alle buren gebruiken niet evenveel energie, is het mogelijk dat de nuldraad in je woonhuis een spanning tegenover aarde heeft. Daarom mag de nuldraad ***nooit*** als veiligheidsaarde gebruikt worden. Zie figuur 2.11.

Tussen de bruine spanningsdraad en de blauwe nuldraad staat meestal een spanning van 230V. Omdat er verliezen in de kabels optreden, kan het zijn dat deze iets lager is. In de praktijk zal de aangeboden spanning tussen de 216 en de 244 volt liggen. Deze spanning kan levensgevaar opleveren!

De geel-groen gekleurde draad, die we de veiligheidsdraad noemen, is verbonden met een aardelektrode in je huis, die meestal in de waterput is te vinden. Deze geel-groene draad gaat door de buizen van de elektrische installatie in je huis. Verbind je nu de metalen antennemast op je huis met deze veiligheidsdraad om de bliksem af te leiden, dan ontstaat er een zeer gevaarlijke situatie. *Dat mag dus nooit!*
Krijg je werkelijk met een inslag te maken dan zijn de stromen door de installatie zo groot, dat er enorme schade zal ontstaan.

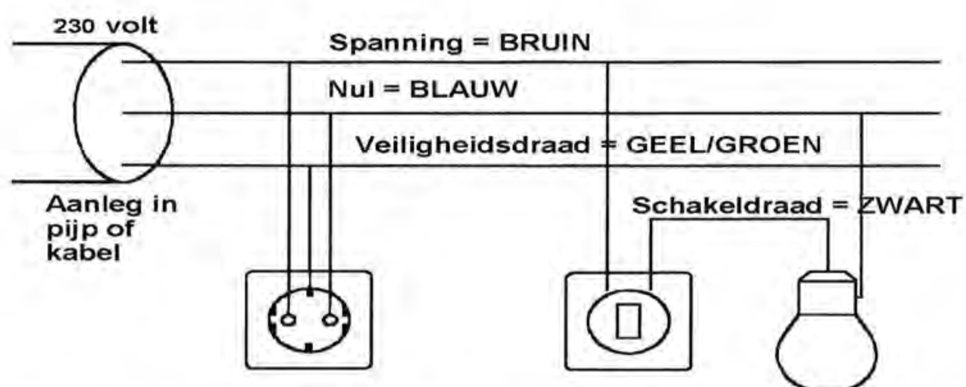


Fig. 2.11 Sluit de apparatuur via de wandcontactdoos aan op het elektriciteitsnet. Let daarbij goed op de veiligheidsdraad. Sluit deze secuur aan.

2.5.2 Veiligheden



Fig. 2.12 De houder voor een smeltveiligheid in een apparaat.

Wanneer we de schroef van de zekeringhouder los draaien dan treffen we een buisje aan dat we meestal de zekering noemen. Echter een betere naam is *smeltveiligheid*. Op de smeltveiligheid staat 250 V en bijvoorbeeld 250 mA. Wat betekent deze aanduiding?

De eerste aanduiding betekent dat het product niet voor hogere spanningen gebruikt mag worden dan staat aangegeven. Dus voor ons lichtnet van 230 V is hij nog juist toepasbaar. Diezelfde aanduiding kom je ook op het stekermateriaal, contactdozen en ander schakelmateriaal voor ons lichtnet tegen. De tweede aanduiding, 250 mA, geeft de grootte van de stroom aan die deze smeltveiligheid nog kan verdragen. In een smeltveiligheid zit een draadje van een bepaalde dikte en dat is gemaakt van een materiaalsoort die zorgvuldig uitgekiend is. Wordt de maximale stroom overschreden dan zal het draadje steeds warmer worden en na verloop van tijd doorsmelten. Nu zal het duidelijk zijn dat het technisch al onmogelijk is om het zo te maken dat het draadje bij 251 mA zal doorbranden, en ook niet bij 300 mA. Toch is er een vuistregel en die luidt: een "gewone" smeltveiligheid moet bij 100% overbelasting binnen een uur doorgesmolten zijn. Gezien het feit dat we gewone tussen aanhalingstekens zetten volgt al dat er ook andere smeltveiligheden zijn. We kennen dan ook *snelle- en trage* smeltveiligheden.

Kleine glaszekeringen 5 x 20 mm





Fig. 2.13 Smeltpatronen voor onze apparatuur.

De smeltpatronen in gebruik voor onze apparatuur kunnen zijn:
0,05 - 0,08 -0,1 - 0,2 - 0,25 - 0,4 - 0,5 - 0,63 - 0,8 - 1 - 1,25 - 1,6 - 2 - 2,5 - 3,15 - 4 -6,3, 10 en zelfs 20 ampère en worden in doosjes van 10 stuks verkocht.

Iedere smeltveiligheid zal direct doorsmelten als er kortsluiting in het circuit is, maar is er sprake van een overbelasting dan hangt het van het type af hoe snel er afgeschakeld wordt. Aangezien halfgeleiders niet tegen overbelasting kunnen, is een smeltveiligheid geen goede beveiliging voor deze!

Ook het lichtnet in je huis is beveiligd. Dit gebeurt in de zogenaamde meterkast. Daar bevindt zich de aansluiting op het kabelnet. In deze meterkast vinden de smeltveiligheden of de maximaalschakelaars een plaats. Deze hebben een grenswaarde van 16 A.
Figuur 2.14 toont de doorsnede van een smeltveiligheid zoals deze in gebruik is in huisinstallaties.

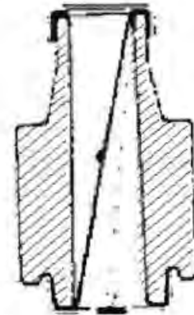
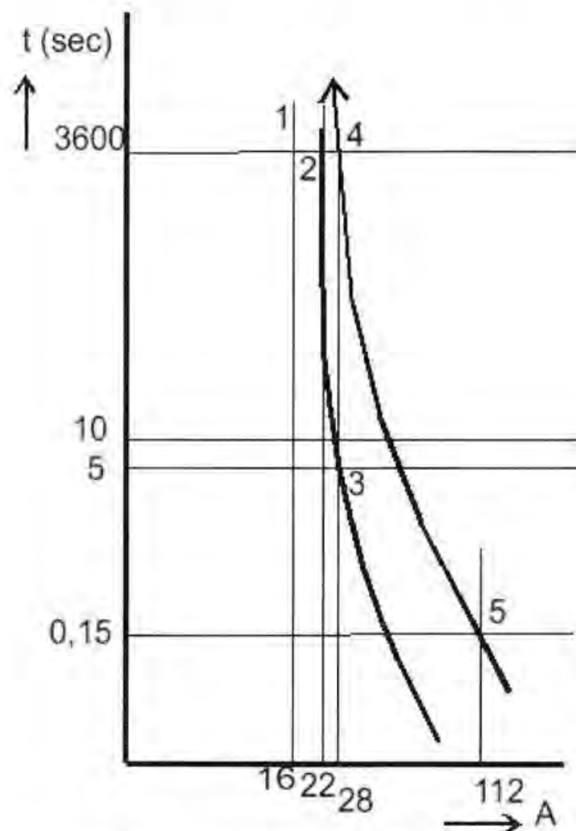


Fig. 2.14 De smeltdraad in de smeltveiligheid

De grafiek van een smeltveiligheid van 16 A voor beveiliging van ons lichtnet ziet er als volgt uit:

Fig. 2.15 Het stroom-tijd diagram van een 16 A smeltveiligheid.



Deze grafiek geeft de tijd aan die de patroon nodig heeft om door te smelten bij een overbelasting. De verticale lijn (1) is de maximale belasting van 16 A. De linker kromme lijn (2 tot 3) is de lijn die de snelste reactie weergeeft. Wanneer er 28 A vloeit, zal de veiligheid na *minimaal* circa 10 s doorsmelten.

De rechter kromme lijn (4 tot 5) is de lijn die de traagste reactie weergeeft. Wanneer er 28 A vloeit, zal de veiligheid na *maximaal* circa 3600 s doorsmelten.
Er is dus nogal wat variatie (spreiding) in het gedrag mogelijk.

2

Gezien de voorbeelden die besproken zijn volgt dat smeltveiligheden in diverse soorten en maten te verkrijgen zijn. We onderscheiden de smeltpatronen in gebruik voor onze apparatuur en de patronen voor beveiliging van de lichtinstallatie in het huis. Deze laatste is altijd 16 ampère en soms in oude installaties nog 10 A. De hoofdsmeltveiligheid van de invoer in huis (deze is in het afgesloten kastje geplaatst) bedraagt 25 A of 40 A.

2.6 Overbelasting

Wil je je echt tegen overbelasting beveiligen dan zullen er andere maatregelen genomen moeten worden. Immers transistoren kunnen zeer slecht tegen overbelasting, worden deze te heet dan zijn ze zeer snel kapot. In de praktijk blijkt dat de transistor al kapot is voordat de smeltveiligheid nog maar iets gedaan heeft.

Overbelastingsbeveiliging kan op 2 manieren:

a. Met behulp van elektromagnetisme, zoals in gebruik bij de automaten in het lichtnet.
Na overbelasting druk je een knop in om het circuit weer opnieuw in bedrijf te stellen. We noemen dit terugstellen of *resetten*.



Fig. 2.16 De huisinstallatie-automaat.

b. Met behulp van elektronische schakelingen. Deze kunnen op slimme wijze de stroom meten en is deze maar een klein beetje te hoog dan wordt de spanning van het circuit afgeschakeld. Resetten gebeurt dan meestal door het apparaat even *uit* te schakelen. Hoe dit werkt zal nog blijken.

In het onder a genoemde maximaalautomaat wordt meestal naast de elektromagnetische beveiliging ook een thermische toegepast. We kijken naar de principes:

1. Met de thermische beveiliging hebben we al even kennis gemaakt. Alleen smelt er geen draadje door maar buigt er een metalen stripje krom. Dit stripje zorgt ervoor dat de schakelaar "uit" gaat. Dit kost tijd en voor geringe overbelastingen onbruikbaar. Soms gebruiken we dit effect expres, namelijk wanneer een apparaat ingeschakeld wordt kan het voor komen dat er even een grote stroom gaat vloeien (een motor). Deze korte tijd moet dan even overbrugd worden.

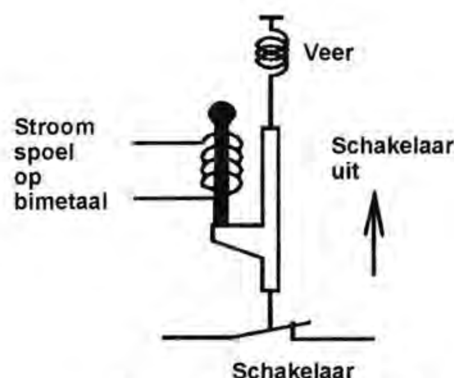


Fig. 2.17 De thermische overbelastingsbeveiliging.

2. Met het principe van de elektromagnetische beveiliging hebben we bij de luidspreker al kennis gemaakt, er wordt namelijk gebruik gemaakt van de magnetische eigenschappen van de elektrische stroom. Er wordt een spoeltje gewikkeld waar de stroom doorheen vloeit. Door een spoeltje te wikkelen krijgen we een aantal draden naast elkaar die allen een eigen magnetisch veldje hebben. Al deze magnetische veldjes worden gebundeld door een staafje van een materiaal dat zeer gevoelig is voor magnetisme. Het staafje noemen we een *kerntje*. Het materiaal geleidt het magnetisme zo'n 5000 maal beter dan lucht. Deze eigenschap noemen we de *permeabiliteit*. Overschrijdt nu de stroom een ingestelde waarde dan zal het magnetisch veld een bepaalde sterkte hebben en trekt een blokkade weg waardoor een veer de schakelaar uitschakelt.

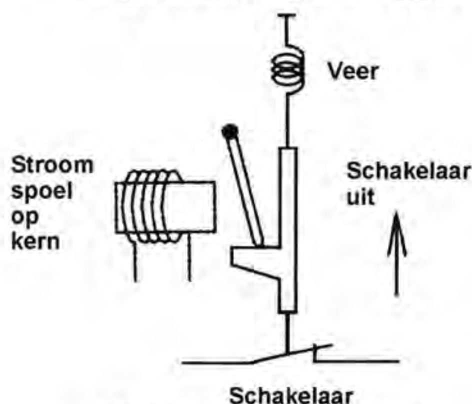


Fig. 2.18 De magnetische maximaalstroombeveiliging.

Aangezien er bij magnetisme van tijdvertraging nagenoeg geen sprake is, werkt een magnetische beveiliging erg snel. Daarom wordt de waarde van de stroom, waarbij de beveiliging in werking gaat, bepaald op 1,8 maal de nominale waarde. Onder **nominale waarde** verstaan we de waarde van de stroom die aangegeven is als maximaal continu toelaatbaar, bijvoorbeeld 16 A voor een huisinstallatie. Dus wordt werkzaam bij 16 x 1,8 = 28,8 A.

Test jezelf:

1. Wat verstaan we onder een snelle en een trage smeltveiligheid?
2. Door een smeltpatroon van 16 A loopt 30 A. Na hoeveel tijd moet deze doorgesmolten zijn. Zie figuur 2.15.
3. Wat is het verschil tussen overbelasting en kortsluiting?
4. Wat verstaat men onder thermische beveiliging en wat is het verschil in werking met een magnetische beveiliging?

3 De voeding en zijn onderdelen

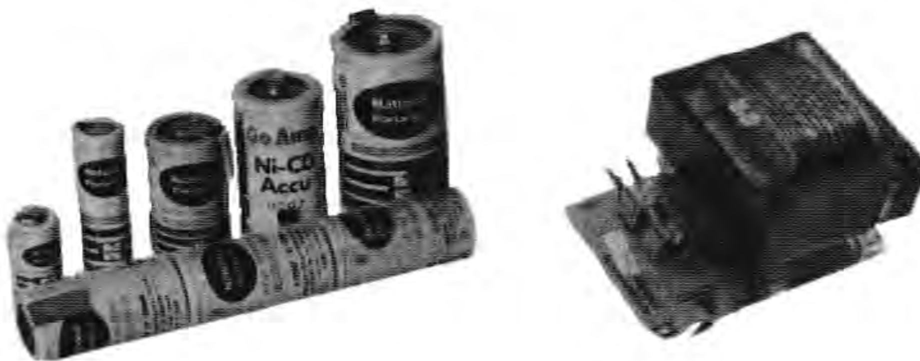


Fig. 3.01 Accu's in de vorm van batterijen en een transformator die de gevaarlijke 230 V spanning omzet naar een geschikte waarde voor onze schakelingen.

Om een apparaat van spanning te voorzien zijn er verschillende mogelijkheden.
We hebben in het voorgaande hoofdstuk kennis gemaakt met een batterij of accu en nu maken we kennis met een vervanger ervan: de gelijkrichter die op het lichtnet geschakeld wordt. Deze nemen we eens wat nader onder de loep. Kijken we naar het schema:

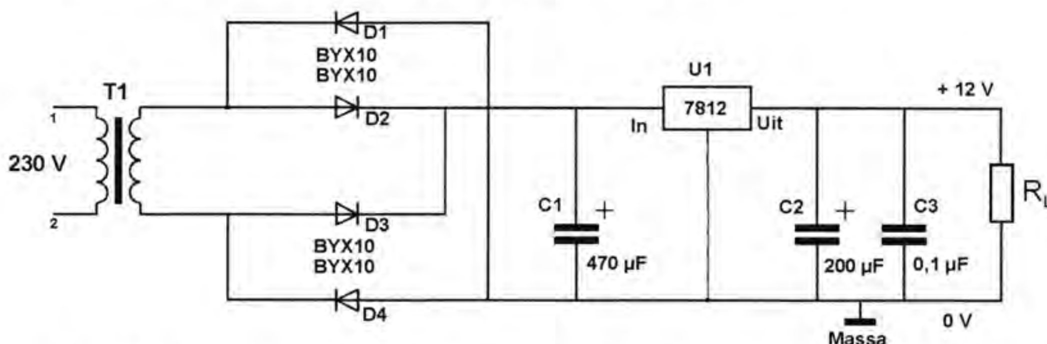


Fig. 3.02 Het schema van een gelijkrichter met spanningsstabilisatie.

3.1 De transformator

In het schema in figuur 3.02 zie je eerst een transformator (T1). Deze past de 230 V netspanning aan naar een waarde waarop onze transistoren en *geïntegreerde schakelingen (ic)* werken, dat kan een ongevaarlijke 9 of 12 V zijn.
De nieuwste apparaten met ic's hebben in de regel een nog lagere spanning van 3,5 volt nodig, de nieuwste ic's werken op 1 V. Al deze spanningen kunnen met behulp van de transformator verkregen worden.
De gevaarlijke 230 V komt uit het lichtnet via een wandcontactdoos waarop we het snoer van onze apparatuur met behulp van een stekker hebben aangesloten. Gebruik hierbij nooit losse draadjes die in de wandcontactdoos geprutst worden, een stekker kost een enkele euro.

De opbouw van een transformator (trafo) is simpel. Kijk maar naar het schema in figuur 3.2 en 3.3. Hij bestaat uit 2 of meerdere spoelen die op een kern van magnetisch gevoelig materiaal gewikkeld zijn. Het hangt van de wikkelverhouding van de 2 spoelen af hoeveel spanning eraf komt. Het spreekt vanzelf, dat wanneer we een trafo gaan gebruiken, we zeer zorgvuldig met de gevaarlijke 230 V aansluiting om moeten springen. Het hangt een beetje van de omstandigheden af wanneer we over een gevaarlijke spanning spreken. Onder normale omstandigheden ligt de grens bij 60 volt. Ben je bezweet dan ligt de gevoeligheid voor spanning veel lager.

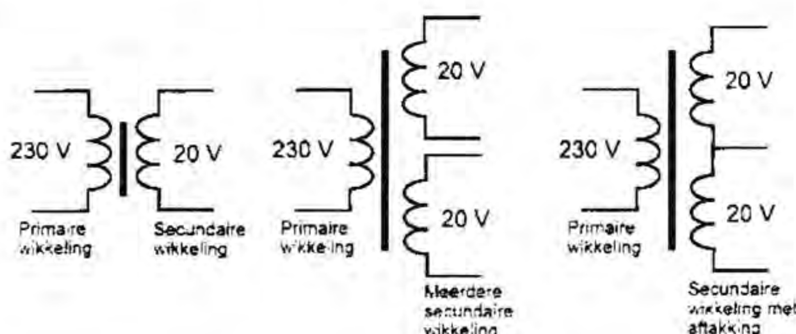


Fig. 3.03 Transformatoren met verschillende secundaire wikkelingen.

De spanning wordt aangesloten op de *primaire* wikkeling. Een transformator kan ook meerdere spanningen afgeven. Deze spanningen kan men op 2 manieren verkrijgen. De spoel waar men de spanning afneemt (deze wordt *secundaire* spoel genoemd) kan diverse aftakkingen bevatten. Ook kunnen er meerdere secundaire wikkelingen zijn aangebracht. Zie figuur 3.03.
De transformator heeft als eigenschap dat de spanning evenredig toe- of afneemt met het aantal windingen dat men aanbrengt. Voert men een spanning toe aan één der wikkelingen (primaire wikkeling) dan zal de secundaire spanning afhankelijk zijn van de verhouding van de wikkelingen.
In formule:

$$u_{pr} : u_{sec} = n_{pr} : n_{sec}$$

of:

$$\frac{u_{pr}}{u_{sec}} = \frac{n_{pr}}{n_{sec}}$$

Fig 3.04 Wikkelverhouding primair - secundair

Voorbeeld: Stel u_{pr} is 230 V, n_{pr} bestaat uit 1150 windingen, u_{sec} is onbekend maar n_{sec} heeft 50 windingen. Dan is de secundaire spanning:

$$u_{pr} : u_{sec} = n_{pr} : n_{sec}$$
$$230 : u_{sec} = 1150 : 50$$
$$u_{sec} = (230 * 50) : 1150$$
$$u_{sec} = 10\ V$$

Een trafo werkt alleen op wisselspanning. Er bestaan geen gelijkstroomtrafo's

Dit komt omdat de werking van een trafo op het principe van een wisselend magnetisch veld berust. De apparaatjes die men soms "gelijkstroomtrafo's" noemt zijn complete elektronische schakelingen en moeten *convertor (omzetter)* genoemd worden. Bijvoorbeeld van 12 V DC (gelijkspanning) van de autoaccu naar 230 V AC (wisselspanning), deze kan je dan bijvoorbeeld in je caravan gebruiken.

3

3.2 Van wisselspanning AC naar gelijkspanning DC

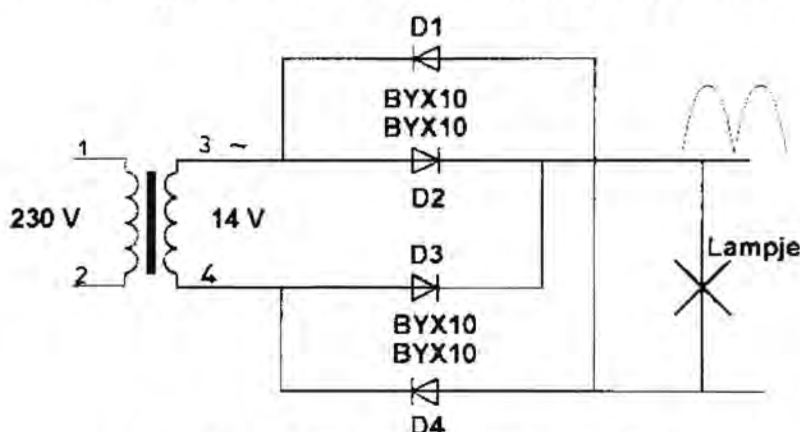


Fig. 3.05 De trafo met gelijkrichterdioden.

Om elektronische schakelingen te voeden heb je niets aan een wisselspanning.
Je moet de wisselspanning *gelijkrichten*. Dit moet zodanig gebeuren dat het voor de apparatuur lijkt alsof er een batterijspanning gebruikt wordt. Om dit te realiseren gebruik je eerst dioden. Deze worden in het schema aangegeven met D1 t/m D4. We noemen deze gelijkrichtschakeling een *bruggelijkrichter*.
De sinusvormige wisselspanning wordt door de dioden omgezet in een pulserende gelijkspanning. Soms wordt deze schakeling anders getekend. In de volgende figuur komt de brugschakeling meer naar voren.

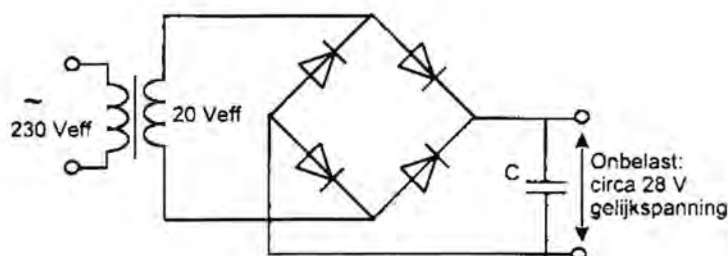


Fig. 3.06 De trafo met een bruggelijkrichterschakeling en een afvlakcondensator.

3.3 De diode

Een diode heeft als eigenschap dat hij de elektrische stroom in één richting doorlaat. In de andere richting vormt hij een onneembare vesting. Deze eigenschap wordt in het symbool goed naar voren gebracht. De aansluitingen van de diode noemen we ***anode*** en ***kathode***.

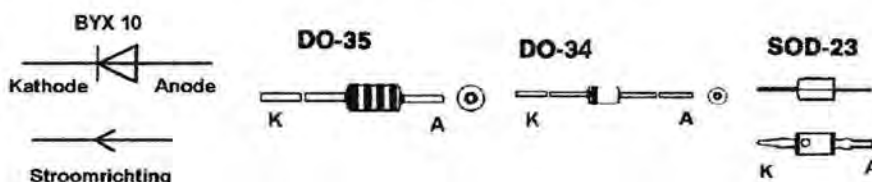


Fig. 3.07 De diode en zijn aansluitingen.

Probeer het volgende eens: Teken in figuur 3.8 hoe de elektrische stroom vloeit als punt 3 hoger in potentiaal is dan 4. Vanaf 3 door diode D2 door het lampje, door diode D4 naar aansluitpunt 4 van de trafo terug.
Beredeneer dit en teken met een andere kleur wanneer je aanneemt dat het potentiaal van 4 hoger is dan van 3.

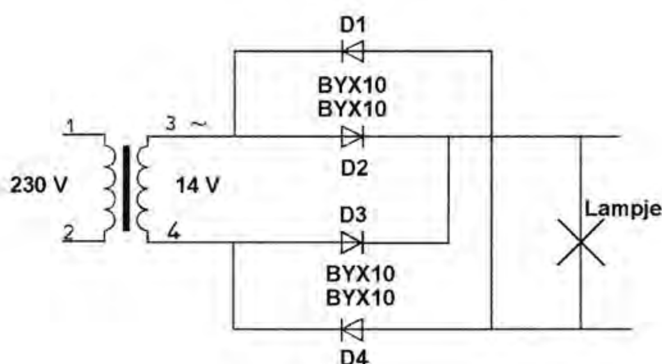


Fig. 3.08 De trafo met gelijkrichters.

Het resultaat is wel dat de stroom in ieder geval door het lampje steeds in dezelfde richting vloeit. Jammer, dat de stroom nog niet mooi constant is. Om dat te bereiken gebruiken we een condensator. Zouden we een versterker aansluiten op deze spanning,dan zou er een zeer sterke brom uit de luidspreker komen, die het geluid totaal ongenietbaar maakt.

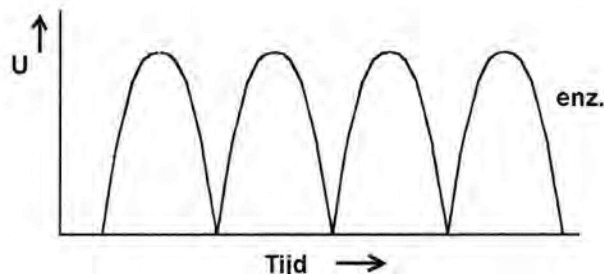


Fig. 3.09 De spanning over het lampje.

3.4 De condensator

Deze heeft als eigenschap dat hij een hoeveelheid elektriciteit (lading) gedurende enige tijd kan bewaren en weer kan afgeven. Zouden we in het schema van de vorige paragraaf geen lampje aansluiten maar alleen een condensator, dan zal deze condensator opgeladen worden tot de maximale waarde van de wisselspanning.

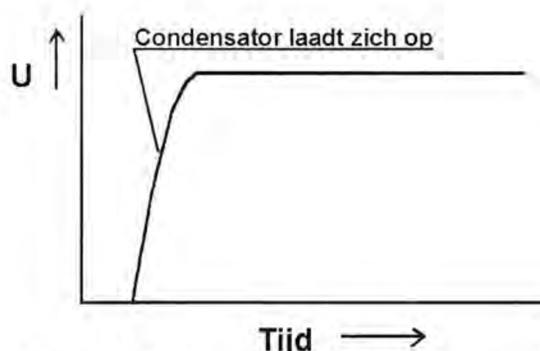


Fig. 3.10 Het opladen van de condensator gebeurt direct na het inschakelen van de gelijkrichter.

Wanneer je het lampje weer aansluit dan zal de condensator zich ontladen, totdat de spanning van de trafo weer hoger wordt. Praktisch gesproken mag de spanning niet dalen. Sluit je een versterker aan op een gelijkspanning die steeds een weinig daalt, dan zul je echter een akelige brom horen. We noemen de spanning die door de belasting steeds iets afneemt een **rimpel**spanning. Deze rimpelspanning willen we niet, het moet beter. Maar we gaan eerst de condensator eens nader bekijken.

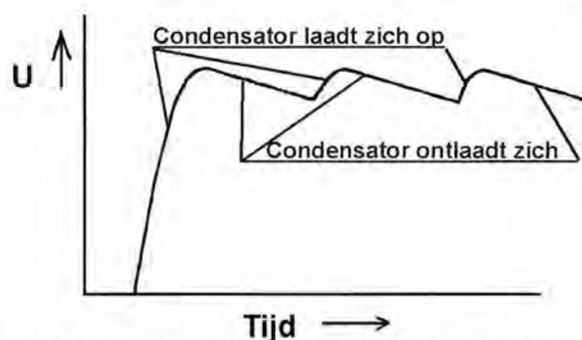


Fig. 3.11 Condensator geeft zijn lading af en daardoor daalt de klemspanning.

3.4.1 De constructie

De constructie van de condensator is zeer eenvoudig, namelijk twee geleidende metalen platen, gescheiden door een *isolator*.
Deze isolator is een materiaal dat geen elektrische stroom geleidt.
Deze *niet geleidende* stof heet bij een condensator het *diëlektricum*.

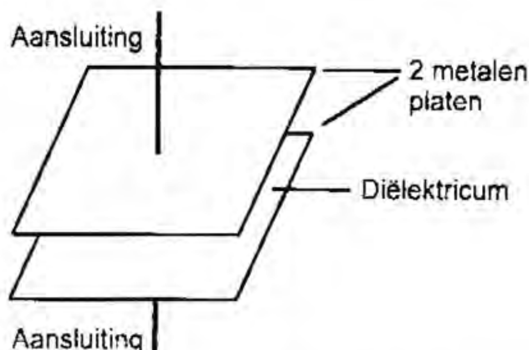


Fig. 3.12 Het principe van de condensator.

Het materiaal voor het diëlektricum kan zijn:
lucht;
mica;
één van de vele kunststoffen;
keramische materialen;
oxiden van metalen (aluminium, tantaal).

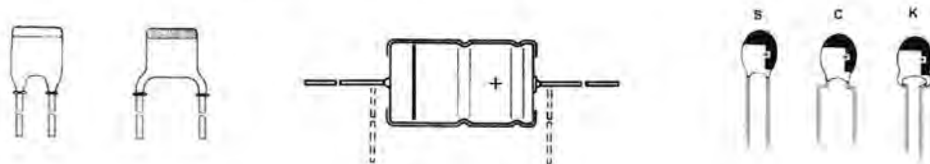


Fig. 3.13 Enige condensatoren, links keramisch, in het midden een electrolytische condensator en rechts tantaalcondensatoren. Let ook op de manier waarop de aansluitdraden uitgevoerd zijn. Dit in verband met de plaatsing op een printplaat.

Vooral de groep kunststoffen omvat heel veel verschillende materialen en deze hebben alle hun eigen voor- en nadelen. Deze komen tot uiting met betrekking tot de capaciteit.

De capaciteit moet **constant** zijn, **onafhankelijk van temperatuur en vochtigheid**.
Bovendien moet de condensator een bepaalde **maximale spanning** kunnen verdragen. Verder moet hij zo klein mogelijk van afmetingen zijn.

3.4.2 De waarde in farad

Nu gaat het erom hoeveel elektriciteit een condensator kan opslaan. Dit noemt men de *lading* van de condensator. Om condensatoren te kunnen vergelijken hebben we een maat nodig, deze is de Farad. De Farad is dus een maat voor de hoeveelheid lading die in een condensator kan worden opgeslagen.
We noemen dat de *capaciteit* van de condensator. Hoe groter de capaciteit hoe meer lading deze kan bevatten. Een condensator van 10 µF kan 10x zoveel lading bevatten als een condensator van 1 µF. 1 Farad is een zeer grote condensator die in de praktijk nauwelijks voorkomt.
In de elektronica gebruiken we als praktische maateenheid de µF, de nF en de µµF of pF. De : (spreek uit als mu of micro) staat voor miljoenste en de µµ staat voor het miljoenste deel van een miljoenste. We gebruiken hiervoor liever de letter p van pico. Dus 1 µµF is gelijk aan 1 pF.
Een maat ertussen is de nF, de nanofarad. Deze is 1.000 pF.
Een condensator van 2,2 :µF is dus 2.200 nF of 2.200.000 pF.
Op de condensator staat deze waarde soms aangegeven als 2µ2, hier neemt de letter vaak de plaats van de komma in.

Zoals we al hebben gezien is de gelijkstroomweerstand van een condensator zeer hoog, hij is immers opgebouwd uit een isolatiemateriaal. Voor wisselspanning en voor wisselstroom lijkt het of de condensator een veel lagere weerstand heeft. Hoe **hoger** de frequentie, hoe **lager** deze schijnbare weerstand is. Daarnaast geldt ook dat hoe groter de capaciteit van een condensator is, hoe lager deze weerstand is voor wisselstroom. Dit verschijnsel wordt veroorzaakt doordat de condensator binnen een periode van de aangesloten spanning twee keer wordt opgeladen en vervolgens zijn lading weer afgeeft. Er vloeit dus een wisselstroom.
Daarom gebruiken we in laagfrequent schakelingen over het algemeen condensatoren met een veel grotere capaciteit dan in een hoogfrequentversterker voor 144 of 432 MHz. In de eerstgenoemde schakelingen hebben deze waarden van enkele tienden tot enkele µF's. In 432 MHz versterkers hebben de condensatoren waarden van minder dan 1 pF tot enkele 10-tallen pF's.
In zware voedingen die werken op de 50 Hz lichtnetfrequentie hebben de condensatoren waarden tot vele honderden of enkele duizenden µF's.

3

3.4.3 De eigenschappen van de condensator

In het voorgaande hebben we het gehad over de capaciteit van de condensator. Deze hangt af van de *grootte* van de condensator*platen* en de *afstand* tussen deze twee platen.
Bovendien is er ook geschreven over het soort van materiaal dat zich tussen de platen bevindt. Hoe *dichter* de platen elkaar naderen hoe *hoger* de capaciteit, maar er zal dan wel eerder doorslag kunnen optreden. *Doorslag* wil zeggen dat er een vonk overslaat tussen de platen. Bij lucht tussen de platen is dit niet zo erg, maar een keramisch materiaal of een kunststof (folie) kan daar echt niet tegen. We noemen de spanning waarbij dit optreedt dan ook de *doorslagspanning*. Na het optreden van doorslag is de condensator over het algemeen kapot. Hij vormt een kortsluiting of het materiaal is verbrand.
Daarom is er altijd een maximale gelijkspanning voor iedere condensator aangegeven. Er mag geen hogere spanning op deze condensator worden aangesloten.
Vaak is deze maximaal toegelaten gelijkspanning in volt op de condensator afgedrukt.
Op bepaalde soorten condensatoren staat een teken (+) dat aangeeft welke van de twee aansluitdraden op de hoogste gelijkspanning moet worden aangesloten.
Dit geldt voor o.a. elektrolytische en tantaal condensatoren. Omgekeerd aansluiten leidt tot het defect raken van de condensator, deze kan daardoor exploderen. Wees daarom voorzichtig met grote elektrolytische condensatoren.

3.4.4 Spanningsverdubbeling

Een andere schakeling waarbij we gebruik maken van de lading van een condensator is de spanningsverdubbeling schakeling:

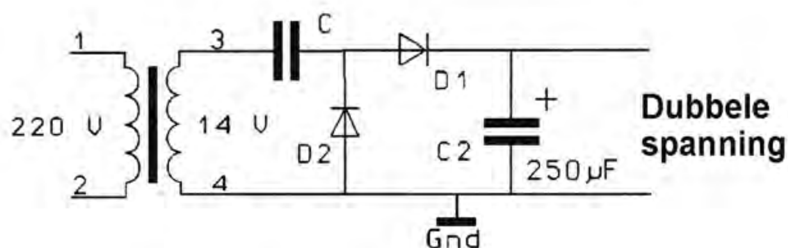


Fig. 3.14 De spanningsverdubbeling schakeling.

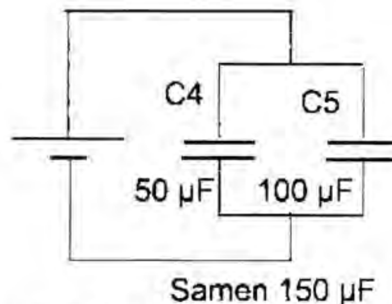
Probeer in figuur 3.14 het volgende eens:

Teken de stroomrichting wanneer punt 4 hoger in potentiaal is vergeleken met punt 3 in de schakeling.
Wordt condensator C2 daarbij beïnvloed?
Wordt condensator C daarbij beïnvloed?
Wanneer punt 3 hoger in potentiaal wordt vergeleken met 4, wat voor spanning komt er dan op C2 te staan?
Wat zal er met de spanning van C gebeuren?

3.4.5 Parallel en serie schakelen van condensatoren

3

Het **parallel schakelen**
Sluit je C4 aan op C5 volgens figuur 3.15 dan zal de volledige spanning over beide condensatoren staan en deze condensatoren laden zich geheel op. Neem je de batterij eraf dan beschikken we over de lading van C4 en C5. Het lijkt dus of we over een condensator beschikken waarvan de capaciteit gelijk is aan de som van de aparte condensatoren.



Samen 150 µF
Fig. 3.15 Parallelschakeling van twee condensatoren.

In formulevorm is te schrijven:

$$C\ totaal = C4 + C5$$

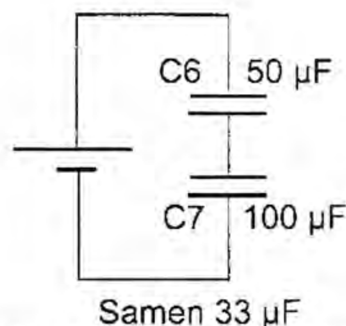
Fig. 3.16 Parallelschakelen van condensatoren levert een grotere capaciteit op

In de praktijk maken we van deze eigenschap gebruik:

- Om een condensator met een hogere waarde te krijgen dan met een enkele condensator kan worden bereikt.

- Om condensatoren met verschillende (positieve en negatieve) temperatuurgevoeligheden parallel te schakelen om zodoende de temperatuur gevoeligheid uit te schakelen.

- In schema 3.2 wordt de veel kleinere condensator (C3) gebruikt om enige nadelige eigenschappen van de elektrolytische condensator (C2) met zijn grote capaciteit buiten spel te zetten. Het blijkt namelijk dat de elco (elektrolytische condensator) *slechte eigenschappen* heeft voor hoogfrequente stromen. De inwendige weerstand is daarvoor te hoog. De keramische condensator heeft veel betere eigenschappen voor hoogfrequente signalen en daarom zetten we vaak een keramische condensator parallel aan een elco. In het bijzonder in hoogfrequente eindtrappen.



Samen 33 µF
Fig. 3.17 Het in serie schakelen van condensatoren.

Het in **serie schakelen**
Anders wordt het wanneer we condensatoren in serie schakelen. Het schema in figuur 3.17 laat zien dat de condensatoren de spanning moeten delen. Elke condensator krijgt een deel van de spanning. Dus

ook *een deel* van de elektrische lading. Voor de batterij lijkt het alsof er een condensator is aangesloten waarvan de capaciteit minder is, dan die van elke condensator apart.
Het berekenen van de vervangende waarde is te doen met de formule:

$$Ctotaal = \frac{1}{\frac{1}{C6} + \frac{1}{C7}}$$

Fig. 3.18 Serie schakelen van condensatoren.

Uiteraard geeft dit wat rekenwerk. We proberen het: Een condensator van 2 en een van 5 µF worden in serie gezet. Wat is de vervangende capaciteit?

$$C_{totaal} = \frac{1}{\frac{1}{2} + \frac{1}{5}} = \frac{1}{\frac{7}{10}} = \frac{10}{7} = 1{,}43\ \mu F.$$

Of op de andere manier berekend:

$$C_{totaal} = \frac{2\ x\ 5}{2 + 5} = \frac{10}{7} = 1{,}43\ \mu F.$$

Fig. 3.19 Condensatoren van 2 µF en 5 µF in serie geplaatst.

Test jezelf:

1. Een condensator van 150 pF wordt parallel geschakeld aan een condensator van 300 pF. Hoe groot is de totale capaciteit?
2. Een condensator van 20 µF wordt in serie geschakeld met een condensator van 50 µF. Hoe groot is vervangende capaciteit?

3.5 De stabilisator

3

Om onze spanning mooi "vlak" te krijgen, net zo mooi als van een batterij, gebruiken we de *stabilisator*.
De batterij had als nadeel dat de klemspanning daalt zodra we er meer stroomverbruikers op aan sluiten. Dit dalende effect willen we graag voorkomen en daarvoor roep je de stabilisator te hulp. Uiteraard gelden hier ook weer enige technische grenzen.

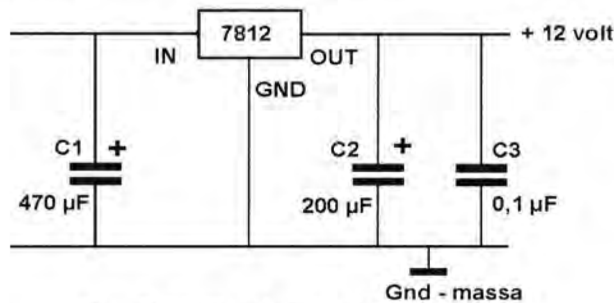


Fig. 3.20 De stabilisatorschakeling.

Een stabilisator is een elektronische schakeling waarbij het uitgangssignaal zeer constant is. De spanning van de opgeladen condensator (C1) wordt aan de stabilisator toegevoerd. Deze verlaagt de spanning tot een zekere waarde en houdt deze vast onafhankelijk van de stroom die door de verbruikende schakeling gevraagd wordt. Dit uiteraard binnen bepaalde technische grenzen.
Vervolgens voegen we er nog eens condensator (C2 en C3) tussen de + en - aansluiting aan toe, om stoorsignalen uit te sluiten.

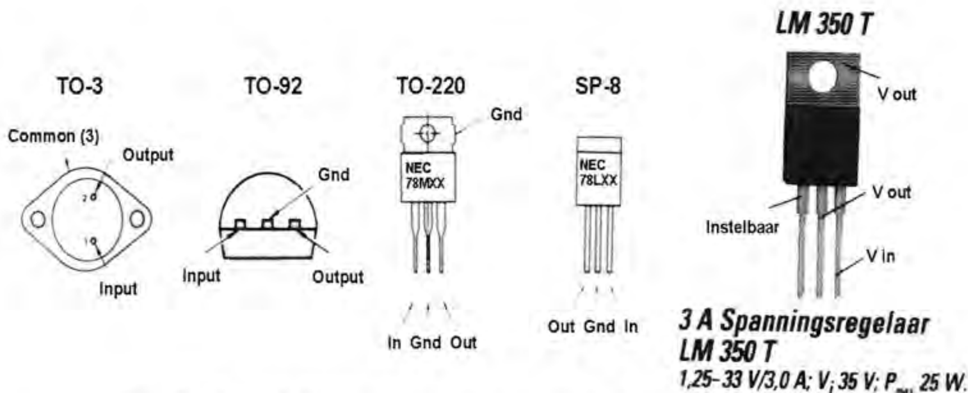


Fig. 3.21 Stabilisators zijn er in verschillende uitvoeringen.

3.6 De diode nader bekeken

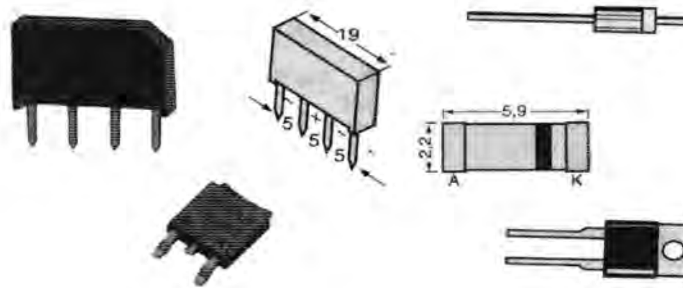


Fig. 3.22 Voorbeelden van diodes.

In paragraaf 3.3 werd de functie van de diode besproken. Er werd verondersteld dat de elektrische stroom er in één richting probleemloos door zou gaan en in de andere richting een volkomen isolator was. Eigenlijk noemen we zo een diode een theoretische diode. Als model kunnen we die eigenschappen zeker goed hanteren. In de praktijk zijn er echter wel een aantal tekortkomingen, deze worden onder de loep genomen.

3.6.1 Het sperren

Het blijkt dat de diode niet iedere spanning kan sperren. De maximaal toelaatbare sperspanning is een belangrijk gegeven.

Deze spanning hangt van het gebruikte materiaal af. Voor diodes die van *silicium* gemaakt zijn is deze spanning 130 volt. Wil je een hogere spanning toevoeren dan zal de diode zonder meer de geest geven.Er treedt dan een doorslag in het materiaal op, doordat er zoveel warmte vrij komt dat het materiaal het begeeft. Herstellen is dan niet meer mogelijk. Je kunt dit met de ohmmeter controleren.

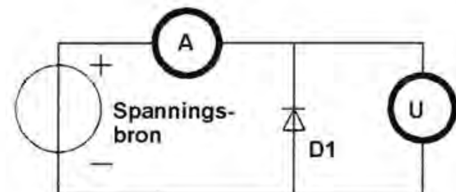


Fig. 3.23 Het meten aan een diode in sperrichting, aangesloten op een voedingsbron

Toch willen we wel eens een hogere spanning op een diode plaatsen. Wat te doen? Er bestaat een simpele oplossing:

we schakelen 2 diodes of zoveel als nodig is in serie.

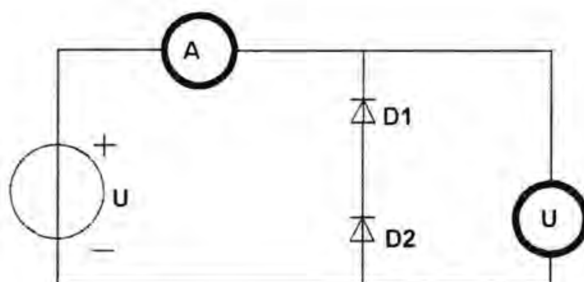


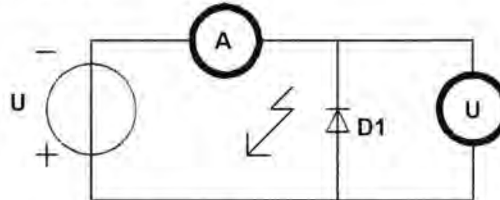
Fig. 3.24 Een hogere toelaatbare sperspanning wordt door het in serie schakelen van diodes verkregen.

Koop je nu een diode die een maximale sperspanning van 1000 V heeft, dan zijn er een aantal siliciumdioden in het huisje in serie gezet. Aan de buitenkant is dat niet te zien.
Is de diode van *germanium* gemaakt dan bedraagt deze sperspanning ongeveer 70 volt.
In de gegevenstabellen van dioden wordt deze spanning aangegeven als V_R. De R staat voor reverse = omgekeerd. De letter V of de letter U spreken voor zichzelf. Deze sperspanning waarbij de diode doorslaat noemen we de *zenerspanning*.
Er zal daarbij (afhankelijk van de inwendige weerstand van het circuit waarin de diode wordt toegepast) een grote stroom kunnen gaan vloeien.
De zenerspanning kan ook nuttig toegepast worden in speciale diodes, daarover verderop meer.
Ook zal het van de temperatuur en het materiaal afhangen of er toch niet een zeer kleine lekstroom door de diode loopt, meestal nemen we maar aan dat het gelijk aan nul is. In de praktijk blijkt er toch een stroom te vloeien van enkele micro ampère. Deze stroom geven we de letter I_R.

Hoe weet je nu of je met een germanium of een silicium diode te maken hebt?
In een schema is dit niet te zien, wel is het in de onderdelenlijst af te lezen aan het typenummer. De Europese codering geeft als beginletter voor germanium de letter A op en voor silicium de letter B. Dus een AA119 is van germanium gemaakt en de BY100 van silicium. De tweede letter zegt iets over de toepassing van de diode. De Amerikaanse en Japanse typecodering maakt geen onderscheid, daar beginnen alle diodes met 1N, zoals de veel gebruikte 1N4148.
Opzoeken in handboekjes dus voor informatie over de gebruikte materialen, maximale stromen en spanningen.

3.6.2 De doorlaatrichting

Draaien we de polariteit van de spanning om dan vloeit er een elektrische stroom door de diode. Zou je zo een diode op een hoge spanning aansluiten,
dan wordt de elektrische stroom onbeheersbaar groot. Het gevolg laat zich raden, de diode gaat kapot.



Stroom te groot, pas op !

Fig. 3.25 Schema voor diodemeting, aangesloten in doorlaatrichting.

In de gegevens wordt daarom dan ook de maximaal toelaatbare doorgaande stroom vermeld. Aangezien elektrische stroom aangegeven wordt met de letter I en de stroom in voorwaartse richting gaat geven we de letter f mee (forward) dus: $I_f = 100$ mA betekent dat de *maximaal toelaatbare doorgaande stroom* 100 mA is.

De stroom die door de diode gaat, wordt bepaald door wat er is aangesloten op de **diodeschakeling**. In het voorbeeld figuur 3.26 is dit gemakshalve een lampje. Het kan ook een gecompliceerde schakeling zijn. De stroomafname moet dus lager zijn dan de maximaal toelaatbare doorgaande stroom van de diode.

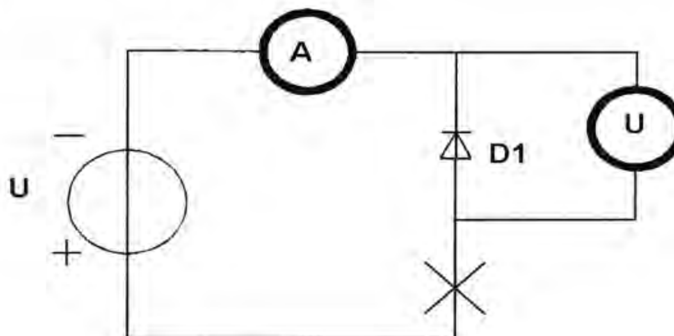


Fig. 3.26 Meten aan een diode in doorlaat met een belasting, dit om een overschrijden van de maximale stroom te voorkomen.

Er is nog een probleem, het blijkt dat de diode een bepaalde spanning moet hebben om te gaan "doorlaten", deze blijkt voor silicium 0,7 volt te zijn.
Voor diodes van germanium bedraagt deze spanning ca 0,25 volt.

Deze spanning noemen we de ***drempelspanning*** van de diode.

Bestaat de diode bijvoorbeeld uit 3 diodes in serie, dan is de drempelspanning ook 3 x 0,7 = 2,1 volt.
Met andere woorden: sluit je een wisselspanning aan op zo een diodeketen dan moet de spanning over deze diodeketen eerst aangroeien tot deze 2,1 V en dan gaat deze pas geleiden.
In de praktijk nemen we deze gegevens op in een grafiek. Dit wordt gedaan om snel inzicht en overzicht in de gegevens van het product te krijgen. De voorgaande begrippen zijn aangegeven in figuur 3.27.

3

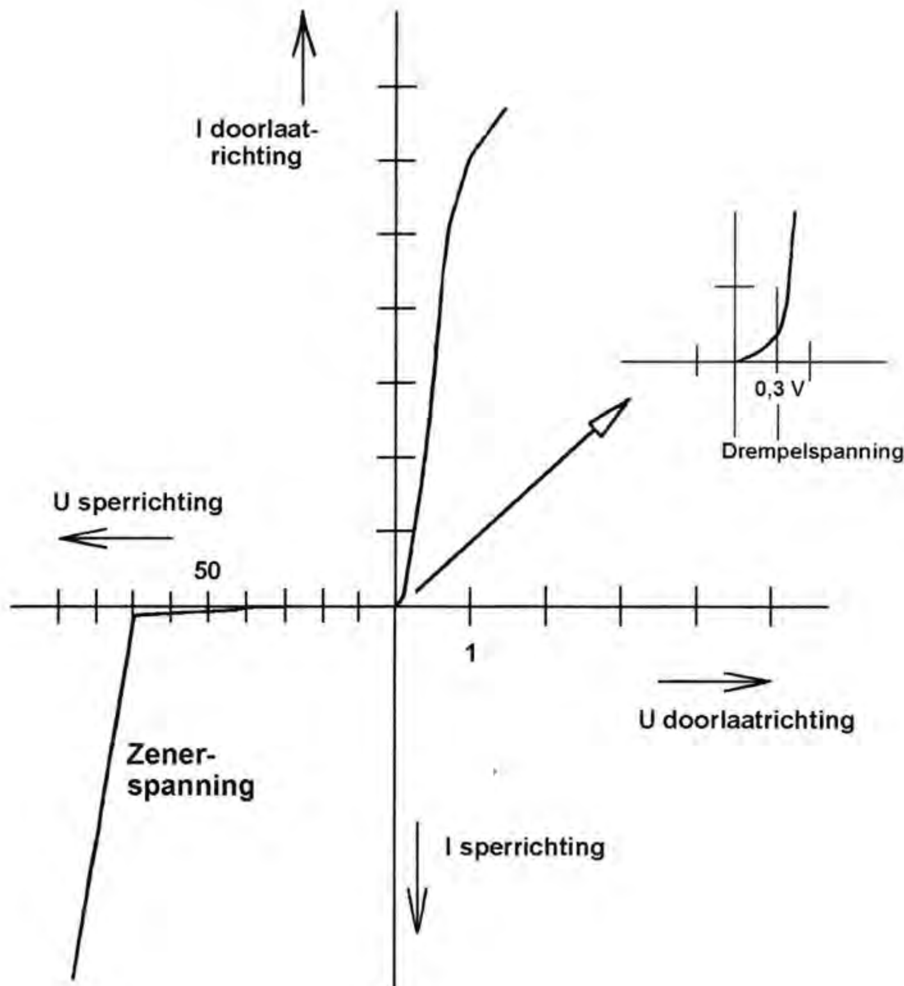


Fig. 3.27 De karakteristiek van een Germaniumdiode. Let op de uitvergroting van de drempelspanning.

3.7 Zenerdiode, voor stabiliseren van de spanning

3.7.1 De zenerdiode

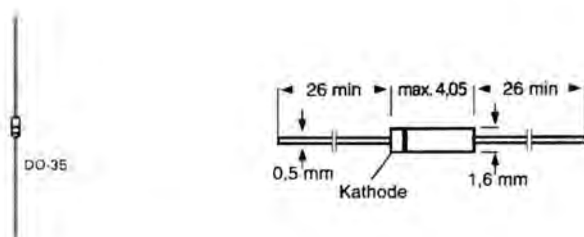


Fig. 3.28 Voorbeeld van een in de handel verkrijgbare zenerdiode.

d

De zenerdiode is een bijzondere diode waarbij men gebruik maakt van de hiervoor beschreven effecten in sperrichting. Het punt waarop een zenerdiode in sperrichting ineens elektrische stroom doorlaat noem je het *zenereffect.*

De spanning waarbij de diode ineens doorlaat kunnen we met productietechnieken naar omlaag brengen. Ook al verander je de stroom dan blijft de spanning over de diode nagenoeg constant.

Zenerdioden zijn van 1 tot 160 volt verkrijgbaar.

1V0, 2V7, 3V0, 3V3, 3V6, 3V9, 4V3, 4V7, 5V1, 5V6, 6V2, 6V8, 7V5, 8V2, 9V1, 10V, 11V, 12V, 15V, 18V,...160V.

Fig. 3.29 Reeks van de in de handel verkrijgbare zenerdiodes.

Wat is nu het nut is van de zenerdiode?
Kijk eens naar een karakteristiek van een zenerdiode, zoals in figuur 3.30 getekend is.

In de doorlaatrichting zien we geen verschil met de "gewone" diode. In de sperrichting zien we dat de zenerspanning 5,6 V is. Wordt de stroom door de zenerdiode groter dan zien we dat de spanning van 5,6 V een paar tienden van een volt toeneemt. Met een beetje fantasie kun je zelfs haast zeggen dat *het redelijk constant* is. Als uitgangspunt voor berekeningen nemen we dat dan *ook aan.*

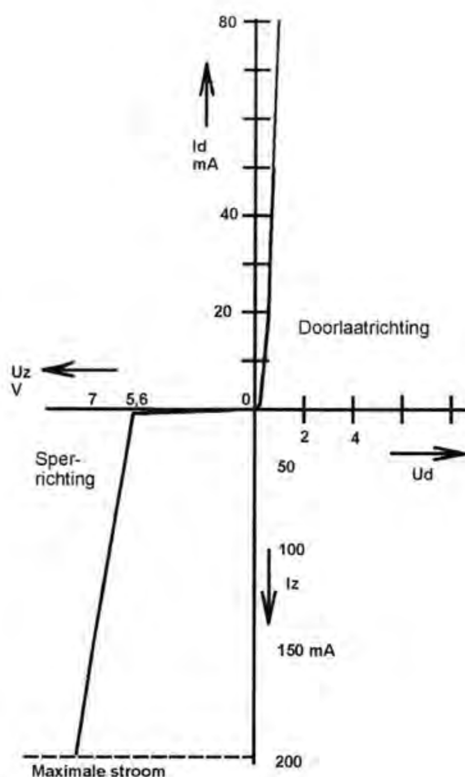


Fig. 3.30 Grafiek van een 5V6 zenderdiode.

De simpelste stabilisatieschakeling als volgt:

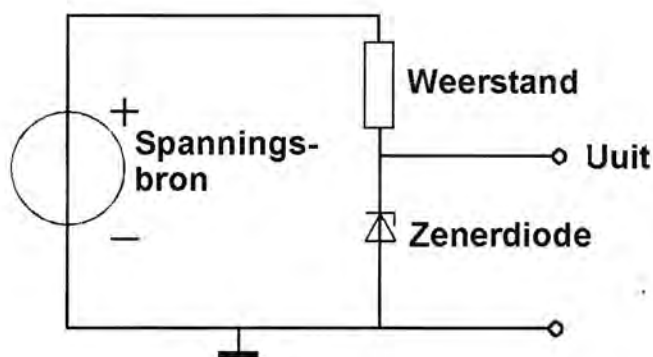


Fig. 3.31 De stabilisatie van spanning met behulp van een zenerdiode en een weerstand.

In het schema zie je twee componenten getekend. Links wordt de gelijkspanning uit de gelijkrichter aangeboden en rechts staat de spanning van de zenerdiode op de 2 aansluitklemmen. Het symbool van de zenerdiode spreekt voor zich zelf. Het andere symbool (het rechthoekje) stelt een weerstand voor.

3.7.2 De werking van de stabilisatie

Op de schakeling is iets aangesloten dat stroom gebruikt. Deze stroom moet geleverd worden via de weerstand vanuit de spanningsbron. Door de zenerdiode vloeit ook een stroom, anders zou hij niet werken. Door de weerstand gaat dus de zenerstroom en tevens de stroom naar de aansluiting.

$$I = I_z + I_{bel}$$

Wordt nu de stroom naar de aansluiting groter, dan zal het verlies in de weerstand willen toenemen. De spanning over de zenerdiode zal iets daardoor dalen en betekent voor de zenerdiode dat door deze minder stroom zal vloeien.
Er ontstaat een nieuw evenwicht.
Uit de grafiek is dan ook te lezen dat de zenerspanning daarbij iets (tienden van een volt) lager is geworden.

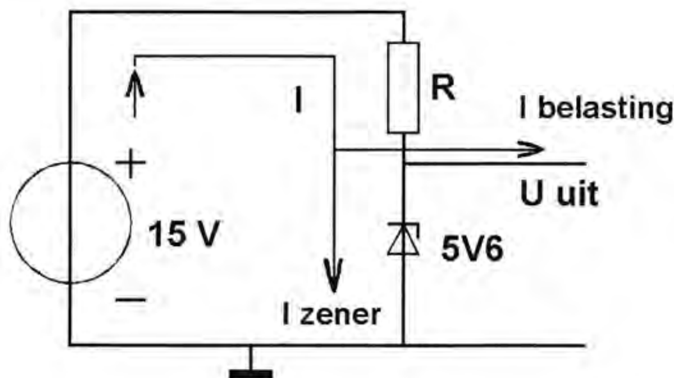


Fig. 3.32 De stromen door de schakeling wanneer de zenerdiode geleidt in sperrichting!

De technische grens voor de toepassing van de zenerdiode ligt dus op twee aandachtspunten, te weten:

c. Er zal *altijd een stroom* moeten blijven vloeien door de zenerdiode.

d. De elektrische stroom door de zenerdiode mag *nooit* de *maximale waarde* waarvoor hij gemaakt is overschrijden.

3.8 Weerstanden

3.8.1 De weerstand als component



Fig. 3.33 Weerstanden in verschillende uitvoeringen.

Weerstanden zijn een veel gebruikt element in de elektronica en ze worden toegepast om allerlei *elektrische effecten* te bereiken. Zo vormt een lampje ook een weerstand voor de elektrische stroom, maar deze geeft licht en is in feite een energie-omzetter.
Een weerstand niet, die wordt hoogstens wat warm en daar doen we niets mee, afgezien van het feit dat hij nodig is om een elektronische schakeling te laten werken. Het is een volkomen passief element. Zij zijn in allerlei maten, uitvoering en waarden, tot zeer nauwkeurige toe, te verkrijgen.

Weerstanden zijn meestal gemaakt van een *kool-* of een *metaal*filmlaagje dat op een speciale manier op een keramisch buisje is aangebracht. Daaraan zijn op de einden metalen dopjes geplaatst, waaraan tevens de aansluitdraden bevestigd. Weerstanden kunnen ook gemaakt zijn van *zogenaamd weerstanddraad.* Daarvoor wordt manganine, constantaan, of nikkeline gebruikt. Het draad wordt op een isolerend (keramisch) buisje gewikkeld.
De waarde van de weerstand hangt af van het materiaal en de lengte en de doorsnede ervan. Hoe langer de draad of filmlaag, hoe hoger de weerstandswaarde. Hoe groter de doorsnede (dus hoe dikker) de draad of filmlaag, hoe lager de weerstandswaarde is.

De bekende volumeregelaar is een regelbare weerstand en verder kennen we nog de instelbare weerstand, bestemd voor een eenmalige instelling (afregeling).
Deze regelbare weerstanden noem je potentiometers, maar radioamateurs hebben het meestal over een *potmeter*.
In een vorig hoofdstuk hebben we het gehad over ideale geleiders en isolatoren, de weerstanden zitten daar dus tussen in.

De eenheid van weerstand is de ohm (Ω).

Ook hier worden de begrippen *kilo*voor *duizend* maal en *Mega* voor *miljoen maal* gebruikt. Omdat vaak een komma gebruikt wordt, is het een gewoonte om deze letter als kommaplaats te gebruiken. Voorbeeld: 2k2 betekent 2200 Ω en is gelijk aan M0022. Deze laatste aanduiding is ongebruikelijk maar wel juist.

Maak compleet:

Ω	= kΩ	= ..k..	= MΩ	= M
100				
1200				
			0,3	
		3k3		
4700				

Nadrukkelijk moet er op gewezen worden dat mega met een *hoofdletter* M aangeduid wordt. Schrijf je een m dan betekent dat milli = 0,001 maal, een gigantisch verschil!

3.8.2 Kleurcodetabel voor weerstanden

De letter R waarmee we een weerstand in een elektrisch schema aangeven is de afkorting van *resistance,* wat weerstand betekent. Afhankelijk van de dikte van de laag of de wijze waarop hierin een spiraal is gebrand, hebben weerstanden een bepaalde (ohmse) waarde. Deze wordt meestal wordt aangegeven door een aantal gekleurde ringen op de verf die over de weerstandslaag is aangebracht.

Weerstanden hebben waarden die zijn opgebouwd uit reeksen standaardwaarden.
De meest gebruikte is de E12 reeks waarin de standaard waarden zijn: 10 - 12 -15 - 18 - 22 - 27 - 33 - 39 - 47 - 56 - 68 -82. Er is ook een reeks E6 en E24 die gebruik maken van dezelfde kleurencode tabel.

Weerstanden in nauwkeuriger reeksen (E48, E96 of E192) maken gebruik van een extra kleurenring. Dit wordt hier niet verder behandeld.

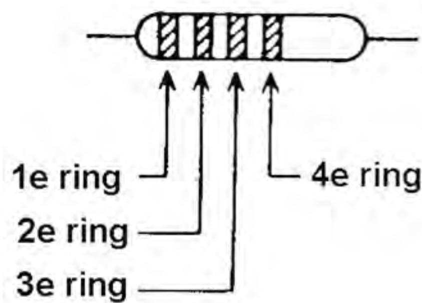


Fig. 3.34 Kleurcode voor weerstanden.

3

Kleurring	1e cijfer	2e cijfer	Verm. factor	Tolerantie
Zwart	0	0	1	±1%
Bruin	1	1	10	±2%
Rood	2	2	100	
Oranje	3	3	1000	
Geel	4	4	10000	
Groen	5	5	100000	
Blauw	6	6	1000000	
Violet	7	7	10.000.000	
Grijs	8	8	100.000.000	
Wit	9	9	1.000.000.000	
Goud			0,1	±5%
Zilver			0,01	±10%
Geen				±20%

Een weerstand met de kleuren groen - blauw - geel - goud heeft dus de waarde 560k met een tolerantie van 5%.
Veelal plaatst men de aanduiding van de vermenigvuldig factor op die van de komma, dus 4k7 i.p.v. 4,7 k.

Test uit:
1. Wat is de waarde van een weerstand met de kleurcode oranje - wit – oranje - bruin ?
2. Welke kleuren hebben de ringen op een weerstand van 2k7 met een nauwkeurigheid van 10% ?
3. Wat is de waarde van een weerstand met de kleurcode grijs - rood - zwart?
3. Welke kleurenringen heeft een weerstand van 12 kΩ.?

3.9 Het vermogen

Over de zenerdiode is een bepaalde spanning te meten. Daarbij werd gesteld dat de maximale stroom niet overschreden mag worden. Wordt deze stroom wel hoger dan wordt de zenerdiode te warm en overlijdt. Het maximale *vermogen* dat hij in warmte kan omzetten en vervolgens kan afgeven aan zijn omgeving wordt dan overschreden. Hij wordt zelf te heet...

Het vermogen dat de zenerdiode kan hebben hangt dus af van 2 elektrische begrippen:
de zenerspanning;
de stroom die door de zenerdiode vloeit.

Wanneer we nu deze 2 begrippen combineren:
spanning maal stroom is een maat voor het ***vermogen.***
Indien een bepaald vermogen door bijvoorbeeld een zenerdiode of een weerstand wordt opgenomen, dan spreek je van (vermogens)**dissipatie**.

Vermogen wordt over het algemeen omgezet in warmte. De hoeveelheid vermogen wordt uitgedrukt in de eenheid *watt* (W).

Er is een vermogen van 1 W (watt) indien er bij een spanning van 1 V (volt)een stroom vloeit van 1 A (ampère).

Voor liefhebbers van formules:

$$P = U * I$$

P is vermogen in watt
U is de spanning in volt
I is de stroom in ampère

of als de weerstand bekend is kun je U = I * R erbij halen. Dan wordt:

$$\boldsymbol{P = I^2 * R}$$

$$\text{of } .P = \frac{U * U}{R} = \frac{U^2}{R}$$

Fig. 3.35 Formule voor het berekenen van het vermogen.

Voorbeeld 1:
Zenerdiode van 5,6 V. Daar doorheen een stroom van 50 mA. Hoe groot is het vermogen dat in de zenerdiode wordt gedissipeerd?
Het vermogen is: P = U x I = 5,6 x 0,05 = 0,28 watt of 280 mW

Is volgens de gegevens van deze diode het maximaal vermogen 250 mW ("kwart watt"), dan zal de levensduur niet lang zijn, zeker niet wanneer de diode niet genoeg koele lucht krijgt.

3

Voorbeeld 2:

Een zenerdiode mag maximaal 150 mW aan vermogen verwerken. Zijn zenerspanning is 5V6 (De V van volt neemt de plaats van de komma in). Hoe groot is dan de maximale stroom?

Aangezien P = U x I, ingevuld wordt dit:

$$P = U * I$$
$$0{,}150 = 5{,}6 * I$$
$$\frac{0{,}150}{5{,}6} = I$$
$$0{,}028 = I$$

Fig. 3.36 Voorbeeld van het berekenen van de stroom, indien het vermogen en de spanning bekend zijn.

De maximaal toe te laten stroom is 0,028 A ofwel 28 mA.
Wat voor de zenerdiode werd vermeld, geldt in het algemeen voor compenten waarover een bepaalde spanning staat en stroom vloeit. In zo'n component wordt een zeker vermogen gedissipeerd.

Probeer eens:

1. Een 1 watt zenerdiode van 5V6; hoe groot is de maximale stroom?

2. Door een zenerdiode van 9V2 vloeit een stroom van 30 mA. Hoeveel vermogen moet er in de zenerdiode omgezet worden in warmte?

3. Een zenerdiode van 5V6 is via een weerstand aangesloten op 9 V. Er vloeit een stroom van 25 mA.
Hoeveel spanning staat er dan over die weerstand?
Hoeveel vermogen wordt er in die zenerdiode ontwikkeld?

4. Door een weerstand van 1 kΩ loopt een stroom van 0,1 A. Hoeveel vermogen
wordt er in deze weestand gedissipeerd?

5. Als nu door de weerstand van vraag 4 een stroom loopt van 0,2 A, hoeveel vermogen wordt er dan in de weerstand gedissipeerd?
Een verdubbeling van de stroom geeft dus een .... x hogere dissipatie.

3.9.1 Het begrip vermogen verder uitgediept

Het begrip vermogen kom je ook bij weerstanden, lampen en motoren tegen en ook bij laagfrequent- en zendereindtrappen.
Zo neemt een autokoplamp een vermogen op van bijvoorbeeld 45 W.
Aangezien de boordspanning van een auto 12 V is, is de stroom uit te rekenen:

$$P = U * I$$
$$45 = 12 * I$$
$$\frac{45}{12} = I = 3,75\ A$$

Fig. 3.37 Berekenen van de stroom, bij bekende spanning en vermogen.

De stroom door de aansluitdraden en de lamp is dan 3,75 ampère.

Voorbeeld 3:

Een transistor wordt gevoed vanuit een batterij. Hij heeft 6 volt tussen zijn aansluitpunten (collector - emitter) en neemt daarbij een 0,5 A stroom op.
Hoeveel vermogen wordt er in die transistor ontwikkeld?
Antwoord: 3 watt (U x I = 6 x 0,5 = 3).

De transistor en de autokoplamp worden dus gevoed vanuit een voedingsbron. Dit geldt ook voor een versterker, het vermogen aan lawaai dat uit de luidspreker komt moet ergens vandaan komen. Het wordt dus geleverd door een voedingsapparaat. Dit voedingsapparaat wordt op zijn beurt weer gevoed meestal uit het lichtnet. In geval van de auto is zonder meer de accu de leverancier, althans wanneer de motor niet draait.

Een paar vragen:

1 Een gloeilampje neemt bij 12 V een stroom op van een 0,5 A. Wat is het vermogen van dit (fiets)lampje?

2 Een Light Emitting Diode (LED) neemt bij 2,2 V een stroom op van 20 mA. Welk vermogen neemt deze LED op?

3 Op een gloeilamp van 230 V staat dat hij 100 W opneemt. Hoe groot is de stroom door deze lamp dan?

4 Een soldeerbout heeft een vermogen van 45 W en een aansluitspanning van 230 V. Welke stroom zal hij opnemen? De huisinstallatie is beveiligd met een maximaalbeveiliging van 16 A, is dat dan voldoende?

5 Een computer met monitor neemt een vermogen van 350 W op. De aansluitspanning is 230 V. Hoeveel stroom zal er door de leidingen vloeien?

3.9.2 Rendement en vermogensversterking

Bij het voedingsapparaat moet je je realiseren dat het lichtnet energie afgeeft aan het voedingsapparaat. Dit voedingsapparaat zet de aangeboden spanning meestal om in de spanning met een andere waarde. Dit gaat echter niet straffeloos.
Er komt altijd minder vermogen uit dan we erin stoppen. Daarom zijn er 2 begrippen:

Het ***opgenomen*** en het ***afgegeven*** vermogen van een apparaat.

Stel dat een voedingsapparaat 80 watt afgeeft en daarbij 100 watt opneemt. Het 0,8 ste deel komt er dus weer uit. Dit noemen we het *rendement*. Meestal drukken we dit in procenten uit, dus 0,8 komt overeen met 80%. De overige 20% (20 watt) wordt in het apparaat omgezet in warmte.
Zo heeft een redelijke transformator die de 230 V omzet naar 9 V, een rendement van minstens 95%.
Een slechter rendement ontstaat ten gevolge van warmteontwikkeling. Immers de opgewekte warmte is hier gewoon verlies! Bij een motor ontstaan de verliezen in de lagers, warmteverliezen in de wikkelingen en door luchtverplaatsing in de motor zelf.

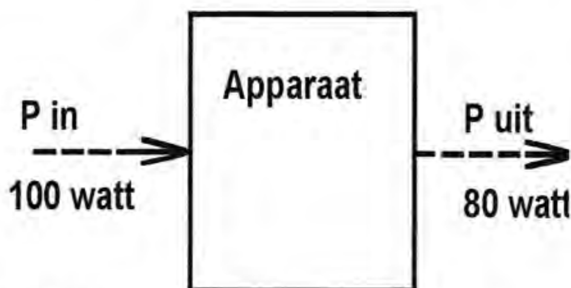


Fig. 3.38 Het begrip rendement in beeld.

Willen we een transistor 45 watt hoogfrequentvermogen laten afgeven dan zullen we voldoende energie moeten toevoeren. Stel je gebruikt daarvoor een gelijkspanning van 12 V en de stroom is 6 A. Dan zal aan deze eindtrap een gelijkstroomvermogen van 12 * 6 = 72 watt toegevoerd worden.

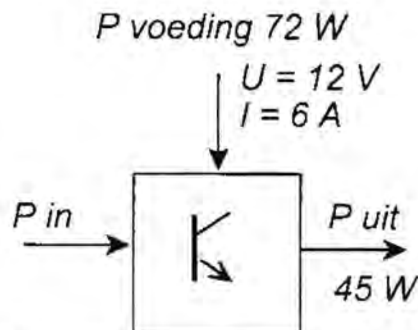


Fig. 3.39 Het rendement van deze versterker is 62,5 %.

Zoals al werd aangegeven is het afgegeven vermogen van de eindtrap 45 watt.

Het *rendement* van deze eindtrap is dan 45 / 72 = 0,625 of wel 62,5 %

Een ander geval is het wanneer we het hebben over **signaalversterkers**. Stel we willen een signaal van 0,5 W versterken in een eindversterker die een zendvermogen van 45 W kan afgeven aan de antenne.

Het **signaal** ondervindt dan een vermogens*versterking* van 45 / 0,5 = 90 maal.
Besef dan wel dat de energie uit de voeding komt, die de 45 W uitgangsvermogen moet kunnen leveren. Om van de 0,5 W naar 45 te kunnen komen is een *versterkingsbegrip.*
Er zijn mensen die een *vermogensversterker* of *power amplifier* een "nabrander" noemen wanneer deze apart in een eigen behuizing is uitgevoerd. Zendamateurs hebben het meestal over de PA (Power Amplifier) trap wanneer deze versterker bij de andere delen van de zender is geplaatst.

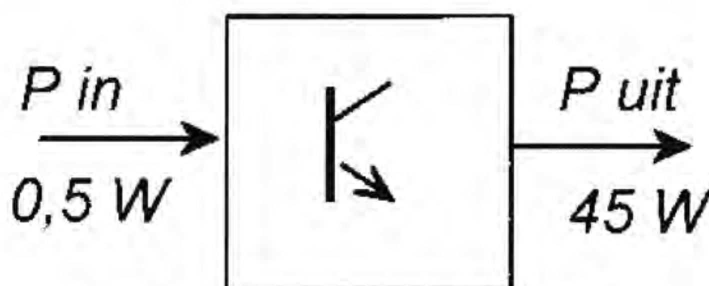


Fig. 3.40 Vermogensversterking in beeld.

Probeer maar:

1. Een eindtrap van een zender neemt 50 W op uit de voeding. Het afgegeven
vermogen is 30 W. Hoe groot is het rendement van deze zender?

2. Een eindversterker geeft 25 W af aan de antenne. Het benodigde stuurvermogen is 2 W. Hoe groot is de vermogensversterking?

3. Een transformator heeft een rendement van 95%, het vermogen dat afgegeven wordt is 100 watt. Hoeveel vermogen moeten we aan de trafo toevoeren?

4 Functies in de ontvanger en de zender

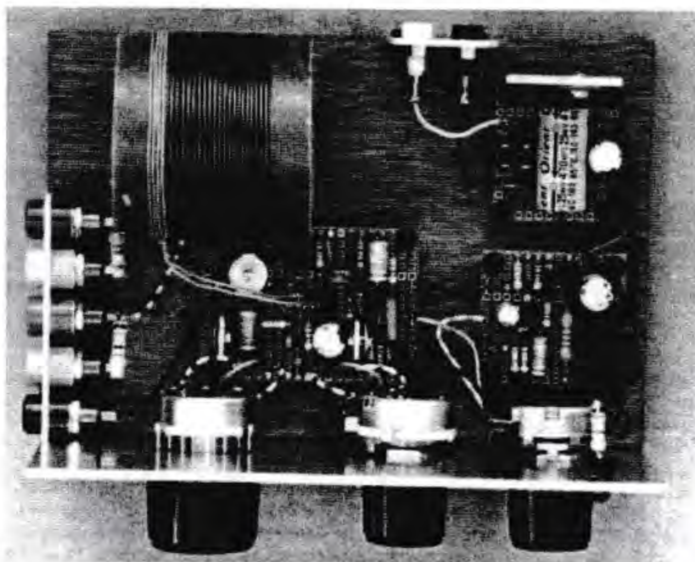


Fig. 4.01 Een zelf gebouwde 0V1 ontvanger op stukjes gaatjes-print. Een plankje, een aluminium frontje en drie knoppen vormen met elkaar een stevig geheel. Bodem: 15 x 10 cm. (foto PA0KLS)

Schroef je een ontvanger of een zender open, dan zie je meestal een aantal onderdelen, soms in aparte blikken doosjes, schijnbaar willekeurig geplaatst. Toch zit er een bepaald systeem in, onderdelen die bij elkaar horen zijn gegroepeerd geplaatst.

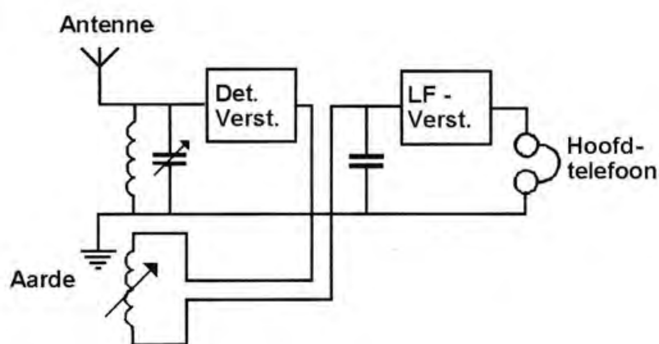


Fig. 4.02 Het schema van de ontvanger.

Ieder apparaat is in een aantal verschillende functies onder te verdelen. Hoe zo'n functie vervuld wordt en met welke onderdelen is een andere optie.

In de elektronica werkten de eerste zenders met vonkbruggen (bestaande uit twee bollen waartussen vonken over en weer gingen), daarna kwamen de eerste radiobuizen, daarna de transistoren, vervolgens de complexere schakelingen met de transistoren, geïntegreerd geleverd of als complete modulen. Al deze onderdelen hebben wel hun eigen schakeltechniek, maar de functie die vervuld moet worden kan dezelfde zijn. Om deze functies gaat het onder andere in dit hoofdstuk.

4.1 Functies van een rechtuit ontvanger

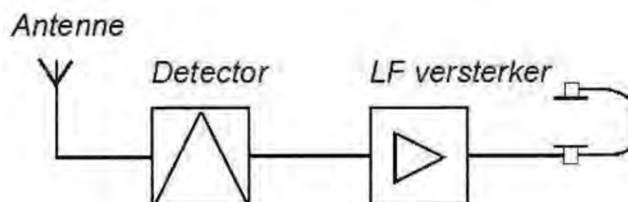


Fig. 4.03 Blokschema van de ontvanger van figuur 4.02.

De ontvanger in figuur 4. 1 en 4.2 kan ook in functies onderverdeeld worden; tekenen we dit als een verzameling van blokjes met onderlinge verbindingen, dan spreek je over een *blokschema*. Ieder blok heeft zijn eigen functie en deze functie kan vervuld worden door een enkele transistor, buis of door een Integrated Circuit (ic) waarin zich misschien wel een duizend tal transistoren bevinden om de verlangde functie waar te maken.

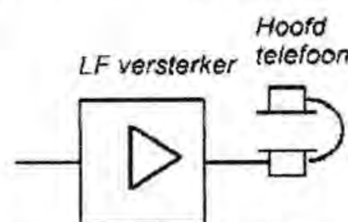


Fig. 4.04 L.f. versterker en hoofdtelefoon.

Kijk eens rechts in het blokschema in figuur 4.3. In dit gedeelte, zie figuur 4.4, vindt de omzetting van elektrische stromen naar een hoorbaar geluid plaats. Het geluid komt hier uit een hoofdtelefoon.
De luidspreker en hoofdtelefoon hebben dezelfde functie: het omzetten van elektrische stromen in hoorbaar geluid. Maar zoals we weten kan er uit de luidspreker heel wat meer geluid komen dan uit de hoofdtelefoon.

Hoe komen we aan de elektrische stroom voor de luidspreker of de telefoon? Dit regelt het blok dat ervoor geplaatst is. Dit blok staat voor de *laagfrequent versterker*. Meestal noemen we het de l.f. versterker. Onder dit l.f. verstaat een zendamateur frequenties in het gebied van een 40 hertz tot 18000 Hz. De CD boys noemen dat meestal het *audio frequent* gebied. Voor radio-amateur toepassingen volstaan we meestal met een frequentiegebied van circa 300 ...3000 Hz. Binnen dit gebied valt grotendeels alle informatie die nodig is om **spraak** goed verstaanbaar over te brengen.

De **functie** van dit blok is om signalen van bijvoorbeeld circa 0,1 volt zoveel te versterken dat de luidspreker aangestuurd kan worden. Deze signaalspanning moet dus omgezet worden naar een grotere spanning met voldoende **vermogen**. Voor een gewone hoofdtelefoon is een 0,5 tot 1 watt meer dan voldoende.

In deze functie kunnen ook toon- en volumeregeling geplaatst zijn. In dat geval tekenen we deze ook als blokjes en kan de l.f. versterker ook als samenstel van een aantal blokjes getekend worden. Zo betekent figuur 4.5 een versterker met een laagdoorlaatfilter ingebouwd.

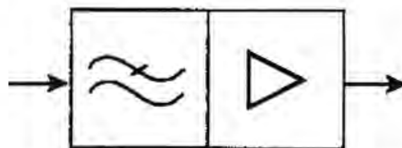


Fig. 4.05 Versterker met laagdoorlaatfilter aan de ingang.

4

De signaalspanning wordt geleverd door een omzetter die de versterkte en bewerkte radiosignalen van de antenne omzet naar hoorbaar geluid. Deze functie verricht de *detector*. Er bestaan verschillende typen van detectoren. Ze kunnen bestaan uit een enkele diode en wat andere onderdelen, of uit een gecompliceerd ic.
De detector kan zijn signaal zo uit de antenne betrekken, maar uit alle zenders die ontvangen worden willen wij er maar één selecteren. Selectie kan plaats vinden door de *afstemmogelijkheid*. In het hiervoor gegeven schema is deze zeer simpel, men maakt gebruik van een condensator en een spoel.

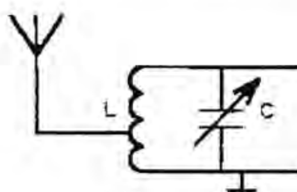


Fig. 4.06 Simpele afstemkring: een condensator en een spoel.

Nadeel van deze simpele spoel en condensator is dat niet verwacht kan worden dat er onderscheid gemaakt kan worden tussen twee stations die slechts weinig van elkaar in uitzendfrequentie verschillen. Resultaat is dat je dan twee of zelfs meer zenders door elkaar hoort. Men noemt dit de *dichtbij selectiviteit* en deze is dus zeer slecht.
De eerste ontvangers bestonden vroeger alleen uit zo een detector en meer niet. Men gebruikte dan een zeer gevoelige hoofdtelefoon om de signalen van de detector direct te kunnen beluisteren. Zo een ontvanger heette een *0V0* (spreek uit als nul V nul).
Plaats je er een l.f. versterker achter dan heet het *0V1* en plaatst men er nog een hoogfrequentversterkertrap vóór dan hebben we een *1V1* ontvanger.

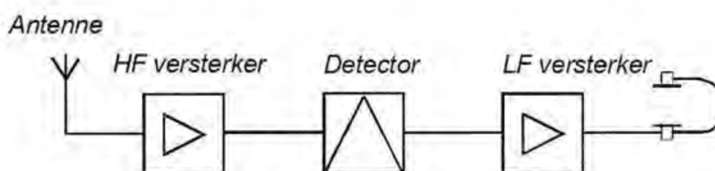


Fig. 4.07 Blokschema van een 1V1 ontvanger.

Er is dan ook naar andere wegen gezocht om deze selectiviteit te verbeteren. Maar net als bij het paard van Troje komen er dan andere problemen om de hoek kijken. Voor het selecteren wordt gebruik gemaakt van spoelen en condensatoren, tevens kunnen er kristal- en mechanische filters gebruikt worden.
Op afstemkringen met spoelen en condensatoren wordt in hoofdstuk 7 ingegaan.

Schakelt men een trap hoogfrequent versterking voor de detector, dan moet deze ook afgestemd worden. Er moet dan gebruik gemaakt worden van een tweetal afstemcondensatoren, of een duo-condensator waarbij de 2 condensatoren op één as gemonteerd zijn.



Fig. 4.08 Afstemcondensator met één sectie.

Test jezelf:

Teken het blokschema van de 1V0.
Aan welk blok moet nu de hoofdtelefoon komen?
Aan welk blok wordt de antenne bevestigd?

Om nu de selectiviteit te verbeteren paste men een truc toe die men *terugkoppeling* noemt. Heden spreekt men ook wel over een meekoppellus of – loop (spreek uit als loep). Er werd een klein gedeelte van het signaal dat aan de detectieschakeling wordt toegevoerd, teruggevoerd naar de ingang van deze detector, hiervoor diende een extra spoeltje.

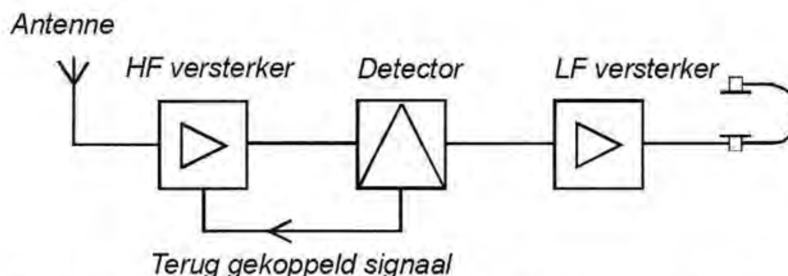


Fig. 4.09 Blokschema van een ontvanger met teruggekoppelde detector.

De verliezen in de kring en de detector worden dan opgeheven en daarmee werd een haast ideale afstemkring gecreëerd. Wordt er te veel signaal terug gevoerd dan gaat de detector zelf een signaal opwekken, waarvan de frequentie gelijk is aan de ontvangstfrequentie. In de hoofdtelefoon nemen we dan een fluittoon waar. Naar het oorspronkelijke signaal is het dan slecht luisteren.
De beste eigenschappen worden verkregen vlak voordat dit punt bereikt wordt. Gaan we dan naar een andere frequentie luisteren dan moet weer opnieuw ingesteld worden. De ontvangers die op deze wijze werken, noemen we **rechtuit-ontvangers**.

4.2 Functies van een superheterodyne ontvanger

Toen men in het verleden alleen maar radiotoestellen had die volgens het rechtuit principe werkten, kwamen de nadelen al snel inzicht. Het afstemmen was een probleem. Men wilde éénknops bediening om af te stemmen en nog een tweede knop voor het volume. Dit principe is heden ten dage nog steeds geldig. Kijk eens hoeveel mensen moeite hebben met de afstandsbediening, of de knoppen van de videorecorder.

4

Men kwam toen tot het principe van de *superheterodyne* ontvanger, kortweg de super genoemd. Het **hart** van het toestel is een hoogfrequentversterker die op één bepaalde frequentie optimaal ingesteld kan worden. Deze frequentie is verder voor de bediener van het toestel onbereikbaar. Deze versterker wordt de *middenfrequentversterker* (*mf versterker*) genoemd. We onderscheiden rechts de detectortrap en de l.f. versterker.



Fig. 4.10 Het principe van de superheterodyne-ontvanger.

Aan de ingang van de ontvanger zie je een blok (Frequentie-Omzetter) dat als functie heeft de frequentie f1, die ontvangen wordt, om te zetten naar de middenfrequentie f2.

Het hart van de ontvanger is de middenfrequentversterker (MF versterk.) die in principe op iedere willekeurige frequentie uitgevoerd kan worden. In de praktijk zitten hier ook wat haken en ogen aan. Voor middengolf omroepontvangers wordt vaak 455 kHz, of iets daar in de buurt, als frequentie gebruikt en voor FM-ontvangers komen we meestal 10,7 MHz tegen. In TV 's wordt weer een andere middenfrequentie gebruikt.

In VHF (2 meter) en UHF (70 cm) amateur ontvangers wordt vaak een hoge middenfrequentie gebruikt, bijvoorbeeld 9, 10,7 of 21,6 MHz.

De **Frequentie-omzetter**

De werking is als volgt. Het antennesignaal komt binnen via de h.f. versterker en wordt vervolgens naar de mengtrap gevoerd. De *oscillator* is een schakeling die in staat is *zelf* een hoogfrequentsignaal op te wekken. Dit signaal wordt ook aan de mengtrap toegevoerd. In de mengtrap worden de twee signalen "gemixt" en het resultaat is dat er uit een ideale mengtrap 2 signalen komen. Deze twee signalen hebben een frequentie die gelijk is aan de **som** en het **verschil** van de twee aangevoerde frequenties

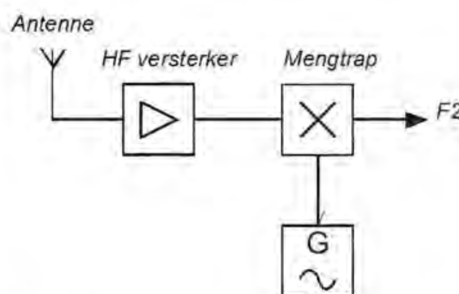


Fig 4.11Frequentie omzetting.

In de praktijk kunnen we de originele signalen in het uitgangssignaal (helaas) ook terugvinden. Je kunt dit als volgt opschrijven:

$$f_{ontvangen} + f_{oscillator} = f_{uit\ 1}$$
$$f_{ontvangen} - f_{oscillator} = f_{uit\ 2}$$

maar ook de originele signalen:

$$f_{ontvangen\ en}$$
$$f_{oscillator}$$

Fig. 4.12 Het mengen van twee signalen.

In de ontvanger wordt nu één van deze twee signalen ($f_{uit\ 1}$ of $f_{uit\ 2}$) gebruikt (geselecteerd) en naar de middenfrequentversterker gevoerd.

We gaan eens berekenen wat de gevolgen zijn.
Stel de m.f. versterker staat op 450 kHz ingesteld, je wilt een radiostation op 3750 kHz ontvangen. De oscillator moet dan ingesteld worden op 4200 kHz (= 3750 kHz + 450 kHz). De andere mogelijkheid is 3300 kHz (= 3750 kHz - 450 kHz). De constructeur bepaalt van welke mogelijkheid gebruik wordt gemaakt.

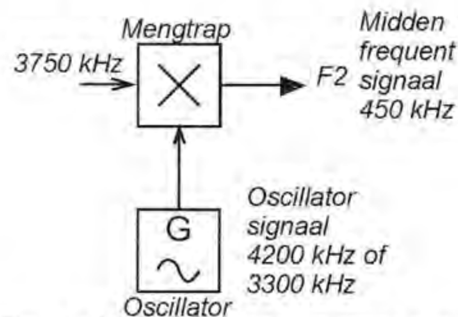


Fig. 4.13 De drie signalen waar het om gaat bij een mengtrap.

Je kunt ook **anders** redeneren. Stel je wilt een radiostation op 3750 kHz ontvangen.
De oscillator staat op 4200 kHz ingesteld, dan zet de **mengtrap** het signaal van 3750 kHz om naar:

4200 - 3750 kHz = **450** kHz.

Dit is het signaal dat gewenst is. Maar bovendien levert deze combinatie de somfrequentie op, zijnde:

3750 kHz + 4200 kHz = **7950** kHz.

Het mag duidelijk zijn dat zelfs de slechtste m.f. versterker verschil kan maken tussen deze 450 en 7950 kHz! Beide signalen gaan de middenfrequentversterker in maar alleen de 450 kHz komt na versterking bij de detector terecht.

Bij het mengen komt er nog een ander probleem om de hoek komen kijken. Wat is het geval? Er is nog een ander signaal dat nu naar de m.f. versterker en detector gevoerd kan worden. Even goed kijken: de oscillator staat op 4200 kHz, de middenfrequentie is 450 kHz, maar dan kan een antennesignaal op 4650 kHz ok ontvangen worden. Want 4650 kHz - 4200 kHz is ook 450 kHz! Met andere woorden een ontvanger moet nu verschil kunnen maken tussen het gewenste 3750 kHz signaal en het ongewenste 4650 kHz signaal. Daarvoor is een goede ingangskring vereist.

4

De **spiegelfrequentie**
In dit voorbeeld moet het wel een slechte kring zijn wil deze dit onderscheid niet kunnen maken. Het ongewenste signaal, dat na menging ook de middenfrequentie oplevert, noemen we de *spiegelfrequentie*. De afstand tussen deze 2 signalen (het gewenste en ongewenste) is twee maal de middenfrequentie, in ons voorbeeld dus 900 kHz. Precies er tussenin bevindt zich immers het oscillatorsignaal.

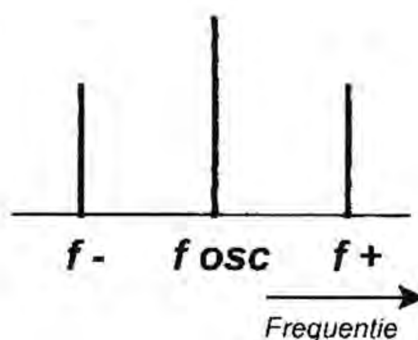


Fig. 4.14 Twee signalen geven de M.F.

Hoe kunnen we nu met zo een ontvanger een bepaald frequentiegebied ontvangen? In de voorbeelden zijn we uit gegaan van een oscillator die op één frequentie was ingesteld.
Om een bepaald frequentie gebied te kunnen ontvangen maken we oscillator variabel. Dat wil zeggen we kunnen deze met een knop afstemmen op verschillende frequenties. Voor iedere frequentie geldt dat een andere ingangsfrequentie resulteert in de middenfrequentie.

Een voorbeeld:
De middenfrequentie van een ontvanger is 9 MHz. We willen hiermee een ontvanger maken die het frequentiegebied 14 ... 15 MHz moet kunnen ontvangen. Hoe kies je de oscillatorfrequenties?

Oplossing:
Je hebt twee keuzes, namelijk de oscillatorfrequentie *onder* of *boven* het ingangsfrequentiegebied.
a. Kies je voor **onder**: 14 - 9 = 5 MHz en 15 - 9 = 6 MHz
De oscillator moet dus over het frequentiegebied 5 tot 6 MHz kunnen worden afgestemd. Zie figuur 4.15. De spiegelfrequenties liggen dan tussen **4 en 3** MHz. Immers 4 + 5 = 9 MHz en ook 3 + 6 = 9 MHz.
Met relatief simpele ingangskringen kan dit spiegelsignaal, dat op grote afstand van 14 MHz ligt worden tegengehouden. We moeten er bij deze frequentiekeuze (oscillator lager dan ontvangen signaal) echter op letten dat een harmonische (veelvoud) van het oscillatorsignaal niet binnen het gebied van de ontvangen frequenties valt, omdat dit zal leiden tot een sterk stoorsignaal.

b. Kies je voor **boven**: 14 + 9 = 23 MHz en 15 + 9 = 24 MHz
De oscillator moet dus over het frequentiegebied 23 ... 24 MHz kunnen worden afgestemd. Zie figuur 4.15. De spiegelfrequenties liggen hier tussen **32 en 33** MHz. Met relatief simpele ingangskringen kan dit signaal, dat op grote afstand van 14 MHz ligt worden tegengehouden.

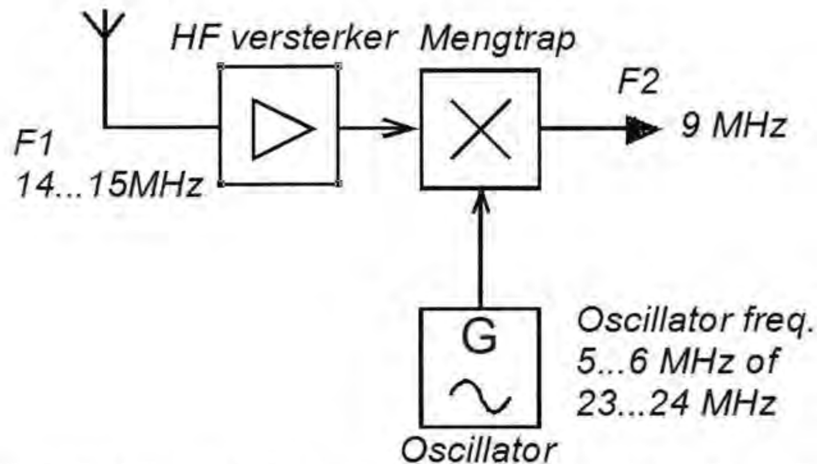


Fig. 4.15 Voorbeeld van het berekenen van de oscillatorfrequenties.

Nu we toch met wat problemen bezig zijn, wanneer je een oscillator bouwt en de transistoren niet goed instelt, dan kan het gebeuren dat niet alleen de frequentie opgewekt wordt die je wilt, maar ook frequenties die 2 maal of 3 maal (4 en 5 maal kan ook...) de frequentie zijn die je wilt. Deze frequenties noemen we de *harmonischen* van de *grondfrequentie*.
Gebeurt dit dan gaan al deze frequenties de mengtrap in. Al deze signalen worden gemengd met de antenne signalen en leveren de middenfrequentie op. Je stemt dan een ontvanger met een m.f. van 450 kHz af op bijvoorbeeld 14 MHz en hoort een station dat op 28,45 MHz uitzendt.
Reken maar na. De oscillator staat op 14,45 MHz, de 2e harmonische frequentie van dit signaal is 28,9 MHz en dit mengt met 28,45 MHz naar 450 kHz toe. Dit probleem zal zich bij een echte communicatie ontvanger niet zo snel voordoen, maar is wel geconstateerd bij goedkopere transistor radio's (o.a. wereldontvanger...)

Het algemene blokschema van een complete superheterodyne ontvanger is getekend in figuur 4.16.

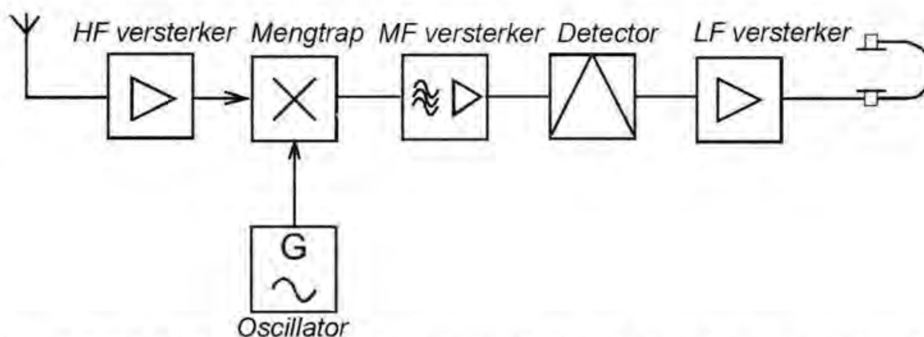


Fig. 4.16 Het blokschema van een superheterodyne ontvanger, ook wel door de eenmalige menging van de twee signalen enkelsuper genoemd.

4

Een paar problemen om op te lossen:

1. Stel een ontvanger moet 14 MHz ontvangen, de middenfrequentie is 450 kHz, de oscillator staat boven de ontvangstfrequentie ingesteld. Op welke frequentie staat de oscillator ingesteld? Welk antennesignaal kan nu ook een signaal van 450 kHz opleveren?

2. De middenfrequentie van een ontvanger is afgesteld op 450 kHz. De oscillator staat op 1,2 MHz. Welke frequenties zijn in staat om het middenfrequentsignaal op te leveren? Welk signaal behoort tot de middengolf?

3. Een zendamateur maakte met behulp van kristallen (dit zijn speciale bouwstenen) een middenfrequentversterker voor 6 MHz. Nu wil hij de 80 m amateurband ontvangen. Deze loopt van 3,5 MHz tot 3,8 MHz. Dit is een relatieve frequentie verandering van 1 : 3,8/3,5 = 1 : 1,08.
Welk bereik moet de oscillator in beide mogelijkheden hebben?
Hoe groot is de relatieve frequentie verandering in beide gevallen? (reken dit na: 1:1,03 en 1:1,13)

Opmerking, uit de berekening van opgave 1 zal blijken dat het gewenste en het ongewenste spiegelsignaal vlak bij elkaar liggen. De ontvanger heeft dan ook een probleem om deze uit elkaar te houden, zeker als het niet gewenste signaal ook nog zeer sterk is. Om deze problemen aan te pakken heeft men het nog verder op gezocht en zijn de technici uitgekomen op de dubbel superheterodyne ontvanger.

4.3 De dubbel superheterodyne ontvanger [1])

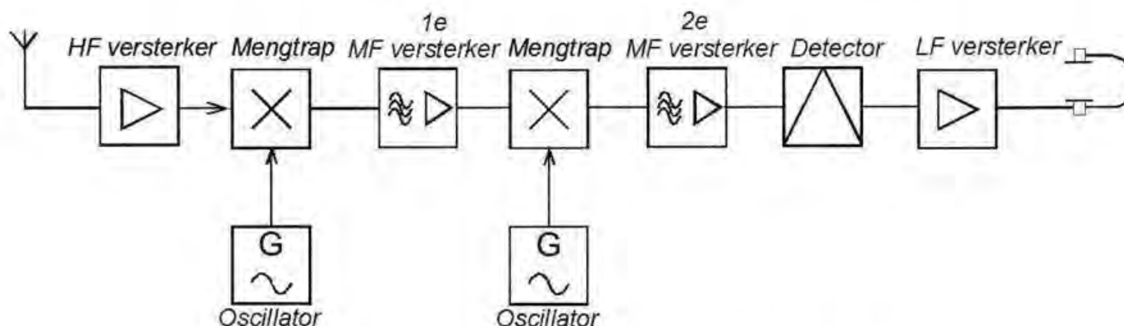


Fig. 4.17 Het blokschema van de dubbelsuper ontvanger.

Je noemt zo'n ontvanger een *dubbel super*.
Men gaat dan uit van 2 verschillende middenfrequenties. De eerste nemen we hoog in frequentie en dan zetten we deze in de 2e mengtrap weer om naar een lagere en dat kan dan bijvoorbeeld 450 kHz zijn.

Stel dat we als eerste middenfrequentie 70 MHz nemen. De 1e oscillator kan dan indien we 14 ... 15 MHz willen ontvangen, 84 ... 85 MHz zijn. De spiegel frequenties liggen dan tussen 154 .. 155 MHz! Geen probleem dus meer. Er is dus sprake van een zeer goede spiegelondrukking.

Alleen om een stabiele oscillator te bouwen die ons de 94 ... 95 MHz kan leveren, is een probleem en vereist toch wel wat knutseluren. In de moderne ontvangers en transceivers worden de hoge oscillatorfrequenties digitaal opgewekt. De signalen zijn zeer stabiel en "schoon".

Vervolgens gaat het 70 MHz middenfrequentsignaal opnieuw naar een mengtrap.
Deze mengtrap wordt op zijn beurt ook weer gevoed door een 2e (vast ingestelde) oscillator en levert ons weer opnieuw mengproducten op, waarvan er één de 2e middenfrequentie is. Deze 2e middenfrequentie kan bijvoorbeeld 450 kHz zijn. Na deze signaal behandeling vervolgt het signaal zijn weg naar de detector en de laagfrequent versterker en dan naar je oor.

1) De dubbelsuperheterodyne behoort niet tot de examenstof.

4.4 De communicatie-ontvanger

Met de "communicatie"-ontvanger willen we signalen ontvangen die voor communicatie bedoeld zijn. Aan zo'n ontvanger stel je andere eisen dan aan een ontvanger die bedoeld is om muziek te ontvangen en die, als het even kan, ook nog goed moet klinken. Deze apparaten noemen we gemakshalve omroepdozen. Bij een communicatie-ontvanger gaat het om verstaanbaarheid ook onder zeer slechte condities. Dit betekent dat de laagfrequentversterker een frequentie-gebied doorlaat van ongeveer 300 hertz tot 3.000 Hz. In tegenstelling tot een FM omroepontvanger die gebouwd is voor 30 tot 20.000 Hz. Een groot verschil. Zie figuur 4.18.

4

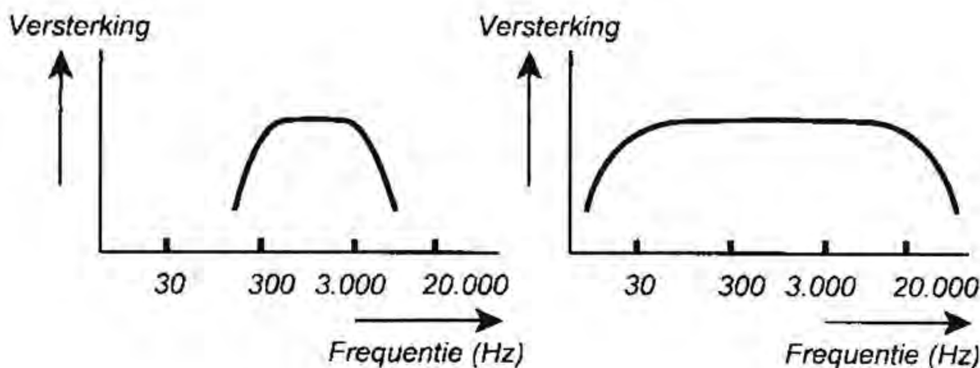


Fig. 4.18 Het verschil in LF versterking tussen een communicatie ontvanger en een FM omroep ontvanger.

In de communicatiewereld kent men ook een grote verscheidenheid in signaalsoorten.
In de omroepwereld maakt men tot nog toe gebruik van de 2 methoden van signaaloverdracht, namelijk *amplitudemodulatie* (AM) in gebruik op de lange-, midden-, en kortegolf Als tweede methode nemen we de *frequentiemodulatie* (FM); uiteraard in gebruik op de FM band [2]. Bij beide methoden hebben we te maken met 2 signalen:
a. Het signaal met een bepaalde frequentie opgewekt om naar de antenne gevoerd te worden. Het hoogfrequent signaal genoemd (h.f.).
b. Het signaal dat de muziek en de spraak bevat en dus een frequentie gebied bestrijkt van 30 tot ?000 hertz. Dit signaal wordt altijd het laagfrequent signaal genoemd (l.f.). Het vraagteken geeft al aan dat min of meer van de zender afhangt tot welke frequentie men wil gaan.

Om nu deze 2 signalen (het h.f. en het l.f. signaal) samen te voegen bestaan er eigenlijk 3 basismethoden, hiervoor werden de AM en FM al genoemd.
Derde methode is de fasemodulatie, deze lijkt op zijn uitwerking erg veel op de frequentiemodulatie, verschil is er niet te horen, verdere behandeling valt buiten het bestek van dit boek en exameneisen. Er bestaan echter wel nog een aantal variaties op deze twee eerst genoemde methoden.

2) De huidige stand van techniek zorgt voor een gebruik van digitale signalen. Deze materie valt buiten de N examen eisen

4.5 Het CW en AFSK systeem [3])

Bij de amateurs is er echter **nog** een methode in gebruik die enige oefening vereist en niet direct hoorbaar is, namelijk het h.f. signaal kunnen we ook steeds aan- en uitschakelen. We moeten dan wel een systeem afspreken, zodat we kunnen begrijpen wat het steeds aan- en uitzetten van de zender inhoudt.
Eén systeem is er dat in de loop der jaren zijn bruikbaarheid bewezen heeft en dat is het wel bekende morse-schrift. Aan de zender gebruikt men dan de morsesleutel om de zender te manipuleren. Nadeel is dat de bediener ervan (en ook de ontvanger!) dit schrift moet beheersen. Het voordeel van deze methode is de grote eenvoud van de zender en dus een uitdaging voor zelfbouwers.
Deze manier van zenden geeft men de afkorting van CW. CW staat voor Continuous Wave, waarmee men aangeeft dat de amplitude van het signaal gedurende de uitzending constant is.

Een CW-signaal wordt in de vergunningvoorwaarden aangeduid met de klasse van uitzending **A1A**.



Fig. 4.19 De letter r uitgezonden door het aan- en uitzetten van de zender.

Met een omroepdoos kan men zo een signaal niet waarnemen, alleen een goede luisteraar hoort het wel. Luister je op de korte golf dan zal je altijd ruis horen, komt er nu een zender in de lucht die verder niets uitzendt, dan hoor je uit je ontvanger ineens geen ruis meer wanneer je de ontvanger op deze frequentie afstemt.
Gaat de zender uit dan hoor je de atmosferische ruis weer. Op deze manier kan je iets waarnemen. Dit is zeer vermoeiend om mee te werken. In een communicatie- ontvanger zit dan ook een speciale schakeling, de productdetector. Deze schakeling maakt gebruik van een zwevingsoscillator ook wel BFO *(Beat Frequency Oscillator)* genoemd.
Deze maakt een fluittoon van het ontvangen signaal. Je luistert dan eigenlijk naar een hulptoon. Op een omroepdoos ontbreekt deze schakeling.

Wellicht zeg je dat je op jouw omroepdoos wel morsesignalen hoort, dat klopt ook wel. Men kan namelijk ook op een andere manier het morse signaal verzenden, men heeft dan een oscillator gemaakt die een hoorbare toon opwekt, bijvoorbeeld 800 Hz. Deze *toon* wordt door de morsesleutel bediend.
Dit signaal voegt men nu aan het constante hoogfrequent signaal van de zender toe (dus AM of FM). Deze manier van werken noemen we een *toonfrequent systeem*. Het signaal is dan **wel** op een omroepdoos hoorbaar als een in het ritme van het morse signaal uitgezonden toon en vereist daarbij **geen** speciale voorzieningen.

3) Het AFSK systeem is geen examenstof. Het is vermeld ter nadere informatie.

Nu kent men naast het morse signaal ook nog andere methoden om een mededeling weg te zenden, zoals Telex en Fax signalen, verder bestaan er nog Hellschrijvers, Slow Scan TeleVisie (SSTV), PSK en overdracht van computersignalen (packet radio). Al deze berichtgevers gebruiken een toonfrequent systeem. Men gebruikt dan een computer, of nostalgische oude apparatuur, om van deze toonfrequente signalen een leesbare tekst of plaatje te maken. Daarbij worden dan **twee** tonen gebruikt die in frequentie verschillen, *frequentie shift* genoemd. De zender staat dus continue aan, maar het rustsignaal, overeenkomst met morsesleutel op, heeft een toon van een bepaalde frequentie en een andere toon voor sleutel neer. Het resultaat is dat als je naar zo een zender luistert, je steeds twee toontjes snel achter elkaar hoort.

Deze manier van werken wordt kortweg *AFSK (Audio Frequentie Shift Keying)* genoemd wanneer de 2 tonen in het hoorbare gebied liggen.
Men noemt het *FSK (Frequency Shift Keying)* als de frequentie van de zender in het ritme van het LF signaal iets verschuift.

Het voordeel van het twee tonen systeem is dat men over twee tonen aan de ontvanger zijde beschikt. Ontvangt men geen enkele toon dan is er wat aan de hand. Bij het CW systeem weet je immers nooit of de seiner zijn sleutel even niet gebruikt, of dat de zender wegvalt ten gevolge van het een of ander, bijvoorbeeld een atmosferische storing.

Verder is er nog een verschil in het morse- en het toonfrequentsysteem. Bij morse worden de letters gevormd door variatie in punten en strepen, zoals de e is een punt (di) en de q is streep, streep, punt, streep (dah,dah,di,dah). Bij het toonfrequent systeem is het signaal voor iedere letter altijd even lang, bevat bijvoorbeeld 7 plaatsen, maar de **volgorde** van de twee tonen bevat de informatie om welke letter het gaat. Bovendien moeten er nog andere signalen meegezonden worden, zodat de ontvanger kan constateren wanneer een letter begint en eindigt.

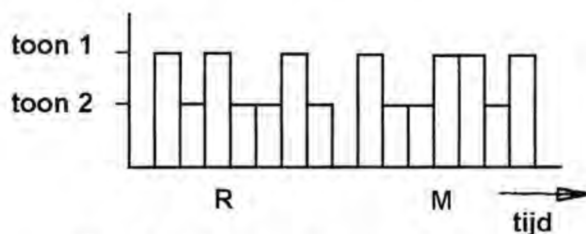


Fig. 4.20 Het toonfrequent signaal.

Bovenstaand voorbeeld is het signaal zoals dat in gebruik is bij de telexapparatuur.
De fax en computersignalen zijn op dezelfde basis gevestigd. Om nu de snelheid van de over te dragen signalen vanuit de computers op te voeren worden steeds complexere methoden gebruikt.

4.6 Het in amplitude gemoduleerde signaal

Wanneer je de twee signalen h.f. en l.f. samenvoegt volgens de AM-methode dan houdt het in dat de *amplitude* van het hoogfrequente signaal verandert door middel van het spraak- of muzieksignaal. In principe ziet het signaal dat wordt uitgezonden er als volgt uit (er wordt één toon uitgezonden):

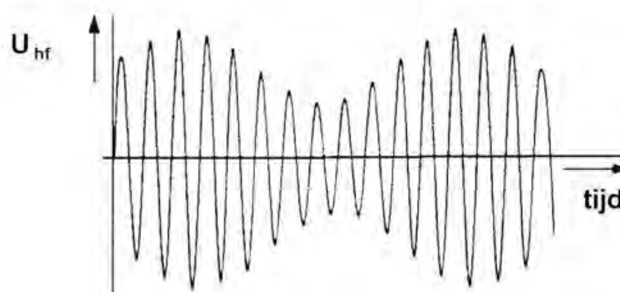


Fig. 4.21 Het in amplitude gemoduleerde signaal.

In werkelijkheid is de frequentieverhouding tussen deze twee signalen veel groter, maar dat is niet te tekenen. Met behulp van een oscilloscoop is het wel te zien. Op de scoop zie je het h.f. signaal dan als een groene band waarvan de amplitude in het ritme van het laagfrequent signaal varieert. De mate waarin de amplitude van het hoogfrequent signaal in **grootte** varieert hangt af van de amplitude van het toegevoerde l.f.-signaal.
Een AM-signaal wordt in de vergunningvoorwaarden aangeduid met de klasse van uitzending **A3E**.

Het AM signaal komt tot stand door menging van het l.f. signaal met het h.f. signaal. Net zoals bij de mengtrap ontstaan bij dit proces som- en verschilfrequenties.
Zie ook figuur 4.22.
Dus een zender op 3750 kHz in amplitude gemoduleerd met een toon van 800 Hz levert:

- 3750 kHz, de draaggolf genoemd en daarnaast:
- 3750 + 0,800 = 3750,8 kHz (de bovenzijband) en
- 3750 - 0,800 = 3749,2 kHz (de onderzijband).

Deze laatste twee frequenties noemen we de zijgolven, ingeval er geen toon maar een scala van signalen (spraak of muziek) meegegeven wordt, dan spreekt men over de *zijbanden*. De oorspronkelijke frequentie in dit voorbeeld 3750 kHz, wordt de *draaggolf* genoemd. Dit signaal kan door iedere (normale) AM ontvanger worden gedetecteerd.

Test:
Op welke frequenties liggen de zijbanden van een zender op 14,2 MHz in AM gemoduleerd met een signaal dat een l.f. spectrum inneemt van 50 tot 4000 Hz?

4.7 Het enkelzijband signaal

Voor de overdracht van de spraak informatie hebben we bij het AM signaal gezien dat er sprake is van het uitzenden van:

- de draaggolf
- de bovenzijband
- de onderzijband

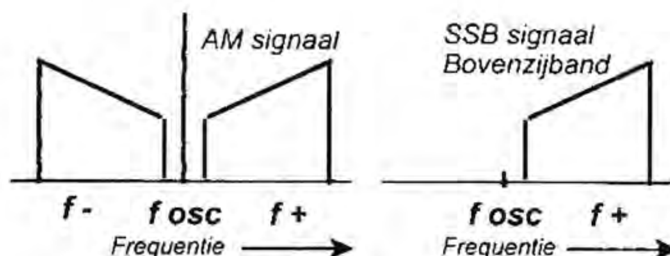


Fig. 4.22 Verschil tussen het spectrum van AM (links) en EZB zender (rechts). Zie paragraaf 5.6 voor nadere uitleg.

Als je hier goed naar kijkt kun je vaststellen dat:
a. de draaggolf geen informatie over het uitgezonden l.f. signaal bevat;
b. de onder- en bovenzijband in principe dezelfde informatie bevatten, namelijk het uitgezonden l.f. signaal.

Het is mogelijk om de draaggolf en één der zijbanden, door toepassing van een speciale schakeling, uit te filteren en dus niet uit te zenden. Men zendt dan alleen één zijband uit. Dit noemt men dus het *éénzijbandsignaal, kortweg EZB of SSB (Single Side Band)*. Men kan dan nog kiezen welke zijband uitgezonden wordt, de boven (upper) of onder (lower) zijband. De amateurs gebruiken voor de 160, 80 en 40 m band de lage zijband en voor de hogere frequenties de hogere zijband. Zie ook paragraaf 5.5 voor de SSB zender. Een EZB-signaal wordt in de vergunningvoorwaarden aangeduid met de klasse van uitzending **J3E**.

Het voordeel van het gebruik van EZB is tweeledig:

- alle zendenergie wordt gestopt in één zijband. Er gaat niets verloren in de draaggolf en de andere, niet benodigde, zijband.
- het uitgezonden signaal neemt een geringere bandbreedte in beslag dan een overeenkomstig AM signaal. Er ontbreekt immers een complete zijband en ook de draaggolf is afwezig waardoor deze ook geen stoorsignaal kan produceren.

Het ontvangen van een EZB signaal vereist een ontvanger die is uitgerust met een in de vorige paragraaf reeds genoemde BFO-schakeling. Deze mengt, in de *productdetector*, het ontvangen m.f. signaal met een oscillatorsignaal (BFO =: precies de frequentie van de onderdrukte draaggolf).
Daarna kan de verschilfrequentie (het l.f. signaal) hoorbaar worden gemaakt

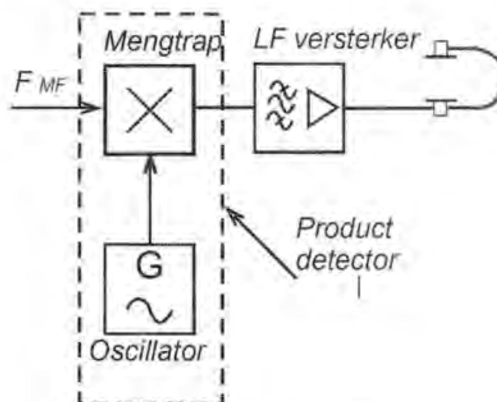


Fig. 4.23 De productdetector.

4.8 Het in frequentie gemoduleerde signaal

Men kan ook op een andere manier de spraak/muziek aan het hoogfrequentsignaal meegeven. Men houdt dan de amplitude van het h.f.-signaal constant maar het l.f.-signaal varieert de zend*frequentie* in lichte mate. Aan de ontvangerzijde moet deze frequentieverandering weer omgezet worden in een verstaanbaar signaal; dit gebeurt door een speciale FM-detector. Een voorstelling van een FM-signaal is het volgende figuur:

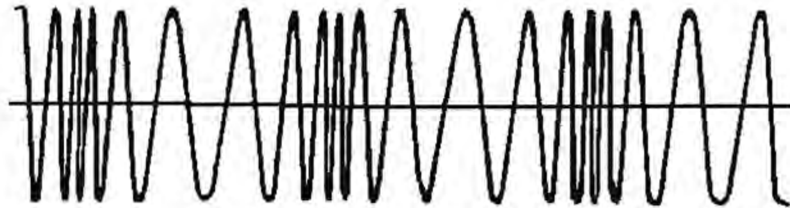


Fig. 4.24 Het FM-signaal. De frequentieverandering is sterk overdreven aangegeven.

De frequentie verandering is in dit figuur aangegeven, in de praktijk is die natuurlijk veel minder. Het voordeel van een FM-signaal is dat de FM-zender veel minder storing veroorzaakt bij de buren of huisgenoten, omdat het uitgezonden E-M veld *constant* in *amplitude* is. Bovendien is het maken van een FM-zender eenvoudiger dan het maken van een AM- of een EZB-zender. Dit omdat de EZB-zender een aantal filters nodig heeft, waaraan strenge eisen gesteld moeten worden.

Een FM-signaal wordt in de vergunningvoorwaarden aangeduid met de klasse van uitzending **F3E**.

4.8.1 Een FM-signaal maken

Om FM te verkrijgen wordt de frequentie-opwekker, de oscillator, beïnvloed door de laagfrequente wisselspanning aan deze oscillator toe te voeren. Dit verloopt op de volgende wijze:

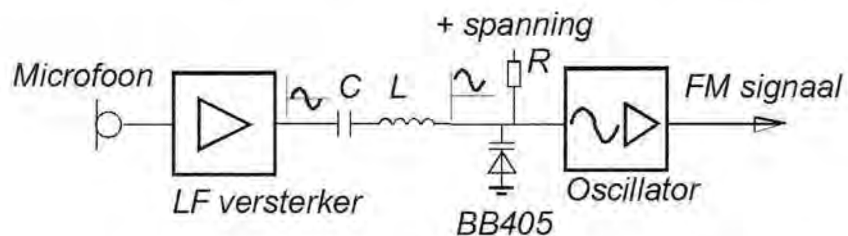


Fig. 4.25 Een principe om aan een frequentie gemoduleerd signaal te komen. De versterkte microfoonspanning zal de frequentie van het oscillatorsignaal beïnvloeden.

In dit blokschema in figuur 4.25 zie je drie onderdelen die van belang zijn:

1. De spoel L, deze dient voor het blokkeren van de h.f.-wisselspanning uit de oscillator naar de l.f. versterker. Het signaal uit deze oscillator is dan niet in staat om de werking van de microfoonversterker te beïnvloeden.

2. De varicapdiode BB405. Varicap is de afkorting voor **vari**abele **cap**aciteit. Deze speciale diode vormt een condensator door deze in sperrichting aan te sluiten op een gelijkspanning. De grootte van de momentele waarde van deze sperspanning wordt door de microfoonversterker geregeld.
De spanning van deze versterker is een in *grootte veranderende spanning.* Daardoor varieert de capaciteit van deze in spertoestand staande diode en verandert de opgewekte frequentie van de oscillator in het ritme van het l.f. signaal.

3. De capaciteit C dient er voor om te zorgen dat de in grootte veranderende gelijkspanning, die op de uitgang van de l.f. versterker staat, niet in de schakeling van de oscillator terecht komt en daar voor problemen gaat zorgen. Alleen de l.f. wisselspanning wordt doorgelaten.

De werking is als volgt: De microfoonspanning wordt door de l.f. versterker omgezet naar een in grootte veranderende spanning. Door deze spanning verandert de capaciteit van de varicap mee en daardoor de opgewekte frequentie. Het zal duidelijk zijn dat de maximale en minimale spanning de grootste variatie in capaciteit opleveren. Vanuit de nulsituatie naar de hoogste of laagste frequentie noemen we de *frequentiezwaai* of ook wel de *deviatie.* Voor omroep is een veel hogere zwaai toegestaan dan voor zendamateurs of ander communicatie gebruik. Voor deze veel geringere zwaai wordt de term *smalle band FM* of *narrow band FM* gebruikt.

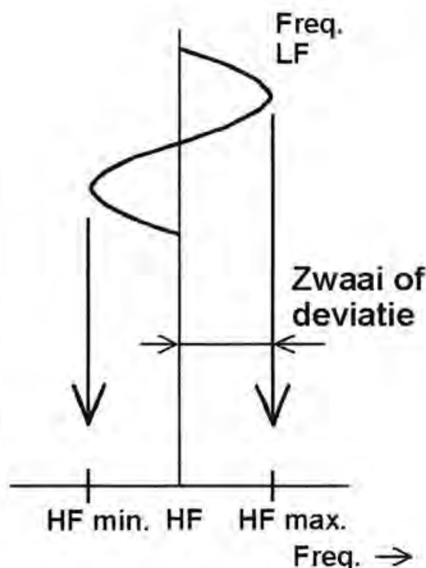


Fig. 4.26 De invloed van het l.f.- signaal op de oscillator frequentie.

Het is noodzakelijk dat we m.b.t. tot de invloed van het l.f.-signaal op het h.f.-signaal goed onderscheiden dat de:
1. maximale zwaai samenhangt met de *amplitude* van het l.f. signaal;
2. snelheid waarmee het h.f. signaal om zijn rust frequentie heen en weer wiebelt samenhangt met de *frequentie* van het l.f. signaal.

Deze twee leveren ons de *modulatie index*[4]) op. Is de hoogst toegelaten l.f. frequentie 3000 Hz en de zwaai van het signaal van de centrale frequentie 144.150 naar 144.159 kHz, dus 9000 Hz dan is de modulatie index:

$$m.i. = \frac{9000}{3000} = 3$$

Fig. 4.27 Berekenen van de modulatie index uit zwaai en l.f. frequentie.

De modulatie-index is:

$$m.i. = \frac{frequentieverandering}{hoogste \cdot lf \cdot frequentie}$$

Fig. 4.28 Formule voor het berekenen van de modulatie index.

In het voorbeeld is een m.i. van 3 veel te veel, want voor amateur-communicatie is een m.i. van 1,67 toegestaan. De zender uit het voorbeeld mag dan een zwaai hebben van:

$$\mathbf{m.i.} = \frac{\Delta f}{f_{\ lf\ hoogste}}$$

$$1{,}67 = \frac{\Delta f}{3000}$$

$$\Delta f = 5010\ Hz$$

Fig. 4.29 Berekenen van zwaai bij bekende modulatie index en l.f. signaal.

Toepassing

Hoe het een en ander toegepast wordt is in het schema in figuur 4.30 te zien. Bij een paar onderdelen zijn geen waarden aangegeven. Deze hangen samen met de frequentie die met het kristal wordt opgewekt. De andere symbolen geven zoveel mogelijk de gebruikelijke waarden weer.

De microfoon staat links aangegeven. Het microfoonsignaal gaat via een potentiometer naar de versterkertrap met de operationele versterker (op-amp) 741. Dit is een complete versterker in een huisje. Een paar weerstanden en condensatoren zijn nodig om een goede werking te verkrijgen.

- Zo zorgen de weerstanden R5 en R6 voor de gelijkspanning van de transistor en dus de voeding voor de transistor en ook voor de rustspanning van de varicap D1.
- De spoel L1 heeft tot taak de h.f. wisselspanning, die door de transistor opgewekt wordt, te blokkeren naar de microfoonversterker toe.

4) De modulatie-index is geen examenstof. Het is ter nadere informatie vermeld.

5) Het schema op zich behoort niet tot de examenstof. Het begrip wel

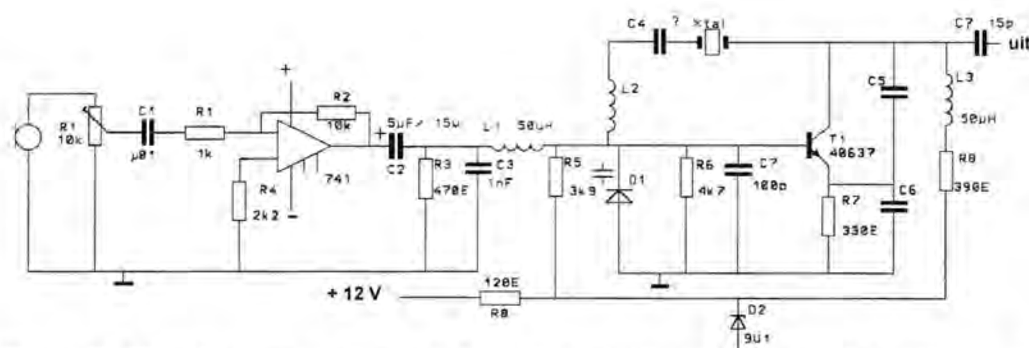


Fig. 4.30 Microfoonversterker en h.f. oscillator om een FM gemoduleerd signaal te maken.

- C2 dient de gelijkspanning uit deze versterker te scheiden van het volgende circuit. Voor de l.f. wisselspanning uit de versterker vormt deze C2 geen hinderpaal omdat hij een grote capaciteit heeft.
- De zenerdiode D2 verzorgt op dit punt een constante voedingsspanning van 9,1 volt voor het voeden van de transistor. Daarmee bereiken we een stabielere werking van de oscillator.
- De potentiometer R1 bepaalt hoeveel l.f signaal aan de modulator wordt toegevoerd. De grootte van het l.f signaal is een maat voor de *modulatie index*. Hoe meer signaal, hoe groter modulatie index en frequentiezwaai.

4.8.2 Het ontvangen van een FM signaal

Voor het ontvangen van een FM signaal kun je gebruik maken van een ontvanger zoals in figuur 4.16 en 4.17 is aangegeven. Ten opzichte van AM of EZB ontvanger zijn er enkele verschillen in de uitvoering. Deze betreffen:

a. De **bandbreedte** van de MF versterker
Het door amateurs toegepaste FM signaal is over het algemeen zo'n 12 kHz breed. De middenfrequent versterker moet dit signaal doorlaten moet daarom een bandbreedte hebben van tussen de 12 en 15 kHz. Bij EZB en AM is dit beduidend minder, namelijk respectievelijk 3 en 6 kHz.

b. De **FM-detector en begrenzer**
Bij een AM ontvanger kun je volstaan met een simpele diode als detector voor het detecteren van de amplitude variaties. Omdat het FM signaal wordt gemoduleerd door het variëren van de zendfrequentie, hebben we een speciaal soort detector nodig die deze frequentievariaties weer omzet in een laagfrequent signaal. Deze detector bestaat meestal uit een afgestemde kring en enkele diodes. We noemen deze detector ook wel een *discriminator*.
Omdat alleen de frequentievariaties nodig zijn voor de detectie, worden alle aanwezige amplitudevariaties (waaronder storingen) vóór de detector eerst nog verwijderd. Dit gebeurt in een schakeling die we *begrenzer* (of in het Engels *limiter*) noemen. Dit kan een aparte schakeling zijn tussen de MF versterker en de FM -detector, maar de begrenzer kan ook deel uit maken van de MF-versterker zelf

4

4.9 Ruis, ruisonderdrukking, squelch

Wanneer je op hogere frequenties luistert, zoals op 2 meter en 70 cm en geen tegenstation hoort, dan komt er meestal een hoop ruis uit de hoofdtelefoon of luidspreker. Wat is ruis en waar komt het vandaan?

Men onderscheidt verschillende soorten ruis, namelijk die wordt veroorzaakt door:
a. buiten de ontvanger gelegen oorzaken, zoals weersomstandigheden en de ons omringende atmosfeer, storingen van motoren enz.
b. binnen de ontvanger gelegen oorzaken, zoals de elektrische stroom die door de onderdelen vloeit.

Het mag duidelijk zijn dat in geval a er weinig aan te doen is. Misschien kan de zender zijn vermogen vergroten of zijn antenne jouw richting uitdraaien, zodat het signaal meer spanning in de ontvang-antenne opwekt. Wordt het signaal beter en drukt het de ruis naar de achtergrond dan zeggen we dat de **signaal-ruis** verhouding verbeterd is.
In de situatie van b hebben we te maken met componenten en kabels. In principe is het zo dat zodra er een elektrische stroom door wat dan ook vloeit er altijd ruis ontstaat. Deze ruis wordt veroorzaakt door de zeer kleine veranderingen van de elektrische stroom die door de onderdelen vloeit. De gebruikte materialen hebben de eigenschap om weerstand te bieden aan de elektrische stroom. Transistoren, ook weerstanden die van kool of weerstandsdraad gemaakt zijn prima ruisbronnen. Vervangen door een component met betere ruiseigenschappen is dan de enige oplossing. In datasheets van componenten kun je soms een waarde voor de ruisbijdrage vinden.

Squelch
Het nadeel van ruis is dat je soms denkt een signaal te horen en dat er dan toch weer niet is. Daarom hebben de ontvangers een *ruisonderdrukker* of *squelch* met deze schakeling kan je de ontvanger zo instellen dat er niets uit de luidspreker komt wanneer alleen ruis ontvangen wordt. Komt er dan een signaal net boven de ruis uit, dan hoor je dat direct. Dit geldt voor alle ontvangers, indien er geen signaal ontvangen wordt, komt er uit de luidspreker geen signaal. Het signaal moet boven de ruisdrempel uitkomen.

Het blijkt dat de ruis samenhangt met de:
1. temperatuur;
2. bandbreedte;
3. gebruikte componenten.

Hoe hoger de temperatuur hoe meer ruis. Evenzo is er meer ruis bij een grotere bandbreedte. Je ontvanger afkoelen tot ver onder nul graden Celsius dan maar?

Er blijkt samenhang te zijn tussen deze temperatuur, bandbreedte en eigenschappen van de materialen. Deze gegevens zijn in een formule te vangen:
Het blijkt dat het ruisvermogen is:

$$P_{ruis} = 4kTB$$

k staat vooor een konstante zijnde $1,38.10^{-23}$ J/°K
Wordt de bandbreedte (B) 2 maal zo groot dan neemt het ruis**vermogen** dus ook 2 maal toe en dit geldt ook voor de temperatuur in graden kelvin.

4

4.10 Automatische versterkingsregeling

Een begrip waar je bij CW, AM en EZB ontvangers mee te maken hebt is de *automatische versterkingsregeling* (AVR, AVC, of AGC genoemd). AVC = Automatic Volume Control en AGC = Automatic Gain Control.
Om dit kunnen begrijpen volgt een korte uitleg. De signalen die we ontvangen kunnen sterk in grootte verschillen, namelijk van enkele tienden van een µV tot vele millivolts. Bij AM en EZB signalen gaat het om de informatie die zit in de amplitude van het signaal. Als we de ontvanger zouden ontwerpen voor bijvoorbeeld een signaal van 10 µV en we ontvangen een signaal van bijvoorbeeld 100 µV, dan zullen de m.f. versterkers het signaal zo veel versterken dat het zwaar vervormd wordt (we zeggen dan: de versterkers lopen "vast").
Om hier een oplossing voor te bieden zijn de m.f. versterkers zodanig ontworpen dat de versterking gevarieerd kan worden. Bij grote signalen weinig versterking en bij zwakke signalen veel versterking, met als resultaat dat voor alle signalen een evengroot signaal aan de detectorschakeling kan worden aangeboden. Voor het instellen van de versterking van deze trappen is een aparte schakeling nodig. Deze meet de spanning op de ingang van de detector en als deze "te hoog" wordt, zal de versterking van de voorgaande trappen worden verminderd tot een evenwicht is ontstaan. Omgekeerd zal bij een te klein signaal de versterking worden opgevoerd. Bij sterk wisselende signalen in het bijzonder bij CW en EZB (namelijk van alles tot niets in de pauze's) is er vaak een vertraging ingebouwd om snel toenemende versterking bij het kortstondig wegvallen van het signaal te voorkomen. Immers dit zou een zeer onrustig geluid opleveren. Met een schakelaar kan je deze AVR meestal op enkele waarden instellen, bijvoorbeeld: Off, Medium, Slow.

Aantekeningen:

5 De zender

5.1 Blokschema's van zenders

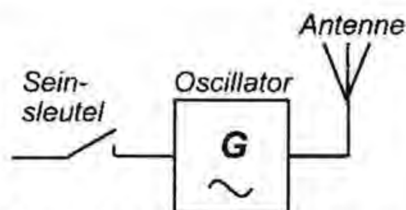


Fig. 5.01 De meest eenvoudige zender.

Het blokschema van de zender ziet er in principe simpel uit. De eenvoudigste zender bestaat uit één transistor of radiobuis en een handvol onderdelen. De transistor moet dan de frequentie opwekken waarop uitgezonden wordt en het h.f.-vermogen leveren aan de antenne. Met de morsesleutel kun je dan je ideeën op de zender overbrengen en uitzenden. Meestal is het vermogen klein en spreek je over een *QRP-zender*.

5

Wil je meer vermogen in de antenne stoppen dan moet het signaal versterkt worden door een vermogensversterker. Deze kan uit één of meer transistoren of (zend)buizen bestaan. We noemen dit de *PA trap*, wat *Power Amplifier* betekent. Zie figuur 5.02. voor het blokschema.

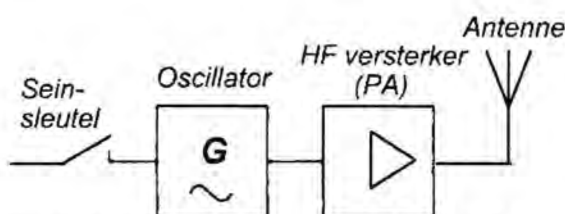


Fig. 5.02 Achter de oscillator is een PA trap geschakeld.

Eventueel kan tussen de oscillator en de h.f. versterker ook nog een *scheidingstrap* of *buffertrap* worden geplaatst. Zie figuur 5.03. De belasting van de oscillator wordt hierdoor minder zwaar en minder wisselend. Dit komt de frequentiestabiliteit sterk ten goede.

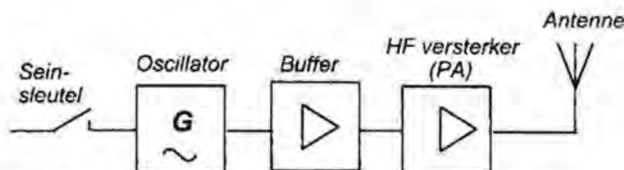


Fig. 5.03 Tussen oscillator en eindtrap (PA) is nu een buffertrap geplaatst.

Het sleutelen (aan en uitzetten) van de oscillator is niet goed voor de frequentiestabiliteit. De oscillator heeft enige tijd nodig om zich op een bepaalde frequentie te stabiliseren. Bij de CW-zender wordt daarom meestal in een *tussentrap* of in de *eindtrap* gesleuteld. Zie figuur 5.04.

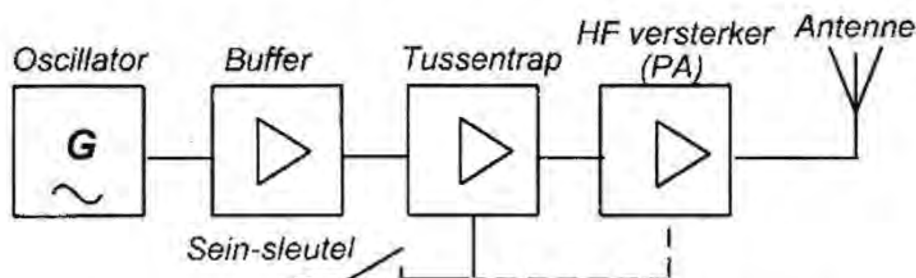


Fig. 5.04 Complete zender met oscillator, buffer, tussentrap en eindtrap (PA).

5.2 AM zender

Willen we spraak op de zender zetten en deze dan AM of FM moduleren, dan ziet het blokschema er als volgt uit:
De l.f. versterker wordt aangesloten op de PA versterker. De l.f. versterker moet ongeveer evenveel l.f. vermogen aan de eindtrap (PA) toevoeren als deze eindtrap aan h.f. vermogen afgeeft. We noemen deze l.f. versterker, die een groot vermogen kan leveren, de *modulator*-trap.

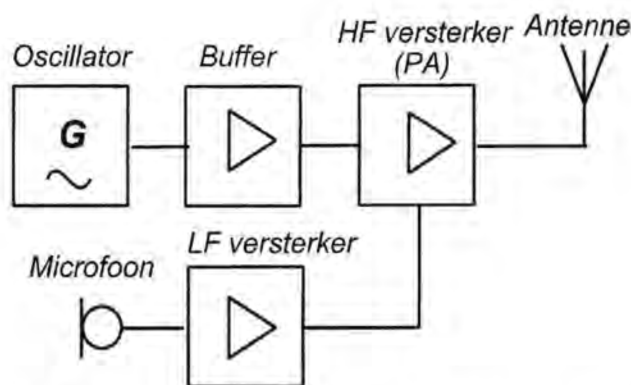


Fig. 5.05 Het blokschema van een AM zender met modulator.

5.3 FM zender

In geval van FM wordt de l.f. versterker aangesloten op de oscillator. Zie paragraaf 4.8 voor de uitleg over het FM signaal.

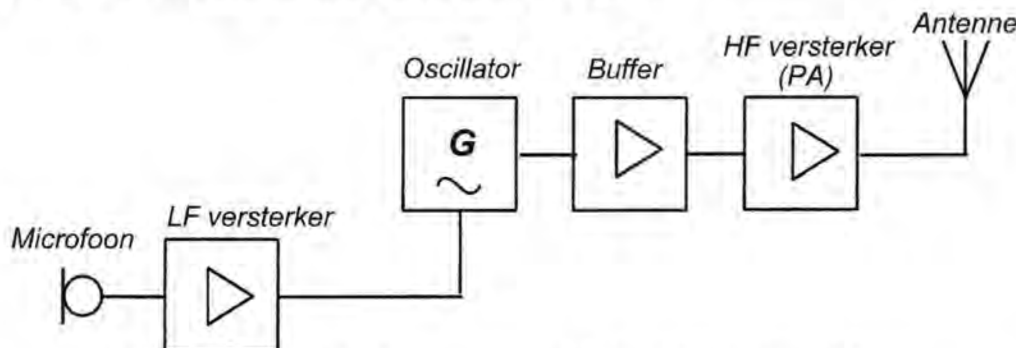


Fig. 5.06 Het blokschema van een FM zender met modulator.

5.4 Frequentie vermenigvuldiging

Over het algemeen zal de door de oscillator opgewekte frequentie in een AM of FM zender niet de zendfrequentie zijn, maar een lagere. Om de gewenste uitgangsfrequentie te verkrijgen wordt de oscillatorfrequentie in één of meer tussentrappen vermenigvuldigd.
Een vermenigvuldigtrap bestaat uit een versterker met aan de ingang een kring die is afgestemd op de toegevoerde frequentie en aan de uitgang een kring die is afgestemd op een veelvoud hiervan. Bijvoorbeeld 2x, 3x of 4x.
Door de versterker op een bepaalde manier in te stellen (gelijkstroom instelling) kan de schakeling zo veel mogelijk signaal van de gewenste vermenigvuldigde frequentie afgeven. Een hogere vermenigvuldigingsfactor dan 4 is in de praktijk moeilijk te realiseren.

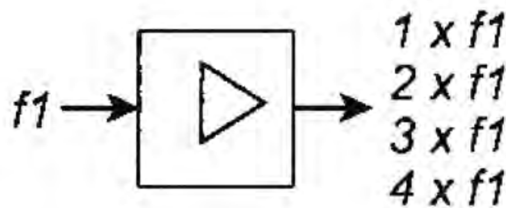


Fig. 5.07 Een vermenigvuldiger levert de oorspronkelijke frequentie en veelvouden hiervan.

Indien een FM-signaal wordt vermenigvuldigd wordt ook de frequentiezwaai evenzoveel keer groter.

5

Bij frequentie vermenigvuldiging moet men letten op het uitzenden van ongewenste signalen. Door de vermenigvuldiging ontstaan naast de gewenste ook allerlei ongewenste signalen. Deze ongewenste signalen moeten worden weggefilterd vóór ze door de volgende trappen kunnen worden versterkt en door de eindtrap kunnen worden uitgezonden. We mogen namelijk alleen maar het gewenste signaal uitzenden en alle overige signalen moeten voldoende onderdrukt zijn.

In de praktijk wordt daarom steeds tussen een vermenigvuldigtrap en de eindtrap nog een extra *scheidings-* of *stuurtrap* geplaatst die alle ongewenste producten wegfiltert. Het blokschema toont een 2 meter FM zender die uit gaat van een 12 MHz oscillator.

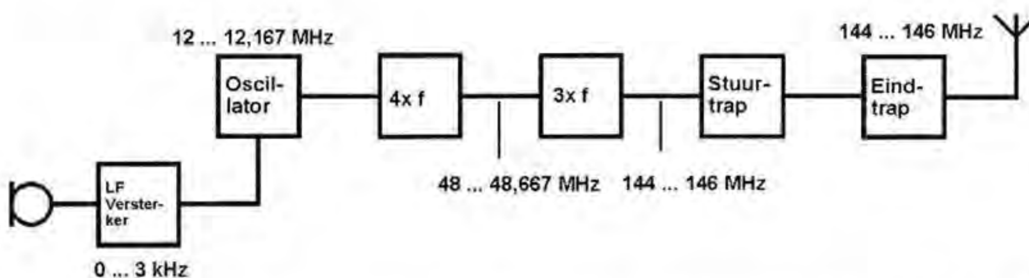


Fig. 5.08 Blokschema van een 2m FM zender die begint met een 12 MHz oscillator.

Merk op dat de oscillator in frequentie wordt gemoduleerd door het signaal uit de l.f. versterker.
Het 12 MHz signaal wordt in de eerste trap verviervoudigd (4 x 12 = 48 MHz) en in de volgende trap verdrievoudigd (3 x 48 = 144 MHz).

5.5 EZB zender

Een EZB zender kunnen we niet op dezelfde manier opbouwen als een FMzender.
Een EZB zender kunnen we ook niet, zoals een AM zender, moduleren in de eindtrap. Een enkelzijband signaal wordt gemaakt op een, in verhouding tot de zendfrequentie, **lage** frequentie. Het ontstane EZB signaal kan alleen door *menging* in een hogere frequentie worden omgezet en in zogenaamde *lineaire* versterkers worden versterkt.

Een lineaire versterker is een versterker waarin het h.f. (EZB) signaal niet wordt vervormd, iets dat bij een FM-signaal in het geheel niet belangrijk is.
Het gaat namelijk bij EZB om informatie-overdracht die betrekking heeft op de **amplitude** *en* de **frequentie** van het signaal. Bij FM gaat het alleen om de **frequentie**. Zie ook paragraaf 4.7 voor een uitleg over het SSB signaal.

Een blokschema van een EZB-zender voor 144 ... 146 MHz, die uit gaat van een opwekking van het EZB-signaal op 9 MHz kan er als volgt uit zien:

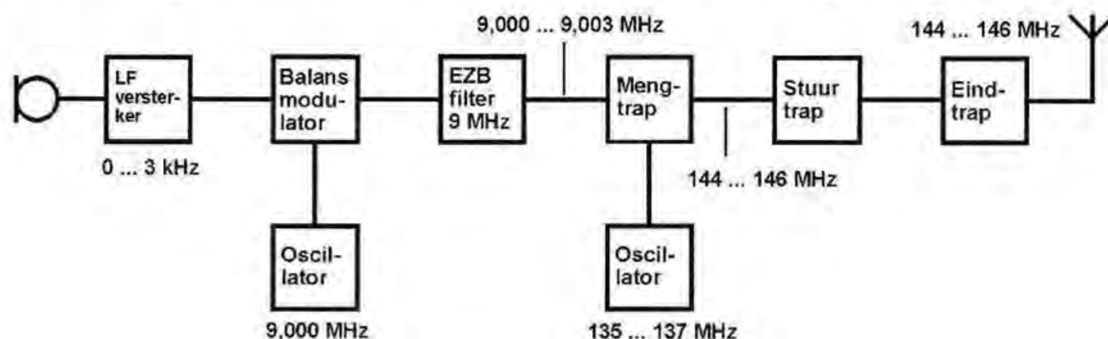


Fig. 5.09 Blokschema van een 2m EZB zender die begint met een 9 MHz EZB signaal.

In dit schema komen twee nieuwe begrippen voor. Dat zijn de *balansmodulator* en het *EZB filter*.
De *balansmodulator* is de mengtrap, doch door de speciale uitvoering (vaak met twee transformatoren en vier dioden of een speciaal i.c.) wordt op de uitgang het oscillatorsignaal sterk onderdrukt (wel een factor 100).
Het daarna volgende *EZB filter*, opgebouwd uit een verzameling kwarts kristallen, heeft een heel smal frequentie doorlaatgebied (circa 3 kHz), namelijk van 9,000 tot 9,003 MHz. Dit gebied komt overeen met de signalen die liggen in de bovenzijband van het signaal. De signalen in de onderzijband (9,000 tot 8,997 MHz) worden door het filter niet, of slechts heel sterk verzwakt, doorgelaten.
Bij het bouwen van zo een zender moet je er goed op letten dat de in de stuurtrap en eindtrap opgewekte signalen die dicht in de buurt van 2 meter band liggen goed onderdrukt worden voor ze de antenne kunnen bereiken.

In dit geval zijn dat o.a.:

- de oscillatorfrequenties die liggen tussen 135 en 137 MHz
- een ongewenst mengproduct 135 ... 137 **min** 9 MHz = 124 ... 126 MHz

Perfecte filtering in de stuurtrap en eindtrap is hier dus een eerste vereiste.
Wil je de zender met allerlei elektronische snufjes uitrusten, computergestuurd bijvoorbeeld, dan wordt het blokschema wel ingewikkelder. Het doet in feite niets af aan de zender op zich, er komen alleen maar functies bij.
Het is wel zo dat aan de zender eisen gesteld worden. Dit omdat we met een uitgezonden signaal geen storing in wat voor apparatuur dan ook mogen veroorzaken. Voldoet de zender aan de gestelde eisen en klaagt de buurman dat hij jou uit zijn luidspreker hoort dan kan dat aan zijn apparatuur liggen.

5

5.6 Bandbreedte van de zender

Een amateurzender mag maar een bepaalde *bandbreedte* innemen. Bij de AM gemoduleerde zender ontstaan er zijbanden. Wanneer de hoogste frequentie van het uitgezonden laagfrequentie signaal 3000 Hz bedraagt, zijn de zijgolven 3000 Hz hoger en lager in frequentie, en is de totale ruimte die de zender inneemt 6000 Hz. Reken maar na. Men geeft dit als volgt aan: de plaats van de laagste frequentie wordt aangegeven met een **kort** lijntje en de hoogste frequentie met het **langer** lijntje. Daartussen ligt het gebied dat door de modulatie met bijvoorbeeld spraak in beslag genomen kan worden. De bovenkanten van de beide lijntjes worden met een schuine lijn verbonden.

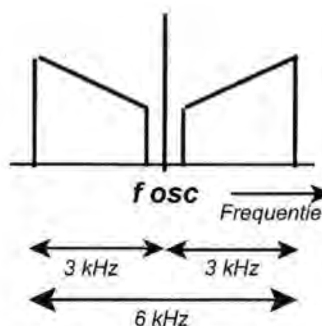


Fig. 5.10 Frequentie spectrum van een AM zender.

Een EZB zender heeft het voordeel dat deze één zijband uitzendt. Laten we een maximale l.f. frequentie toe van 3000 Hz dan is de bandbreedte ook 3000 Hz. Dat betekent dat op de plaats van één AM zender er theoretisch twee EZB zenders kunnen werken.

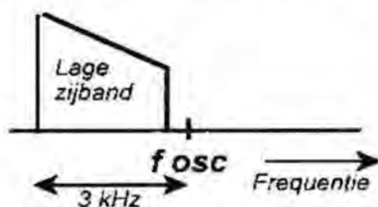


Fig. 5.11 Frequentiespectrum van een EZB zender.

Willen ze elkaar niet storen dan zal er wel nog een kleine tussenruimte tussen deze 2 zenders moeten zijn. Het ingenomen deel van het frequentiespectrum van een EZB signaal is getekend in figuur 5.11. Je ziet dat in dit voorbeeld de onderzijband uitgezonden wordt.

Bij het FM gemoduleerde signaal zijn er ook zijbanden. Het berekenen daarvan is geen eenvoudige zaak. Voor het overbrengen van spraak mag voor amateurgebruik een bandbreedte van 12 kHz niet overschreden worden.

Bij het opwekken van het FM-signaal wordt er naast het rustsignaal fosc uit de oscillator, ook de volgende signalen opgewekt:

$$F_{osc} \pm 1{*}f_{lf} \pm 2{*}f_{lf} \pm 3{*}f_{lf} \pm \quad enz$$

Fig. 5.12 Opbouw van een FM gemoduleerd signaal. Lees voor ± plus én min

Het sterretje duidt vermenigvuldigen aan. De letters f_{lf} duiden de frequenties uit het spraakgebied aan. Achter enzovoorts moet je denken dat dit theoretisch doorgaat tot het oneindige, maar gelukkig worden deze signalen snel zwak. Het volgende figuur ontstaat dan:

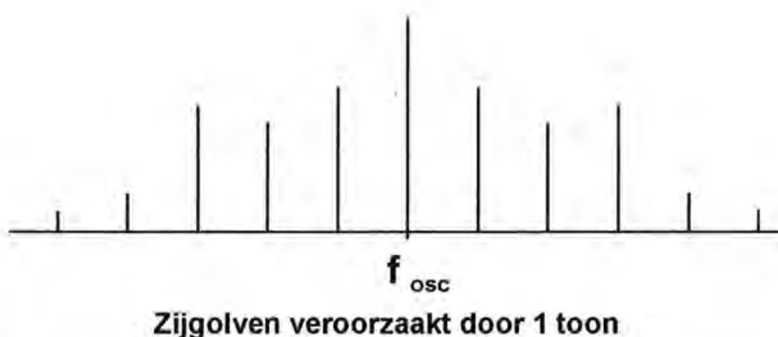


Fig. 5.13 Frequentiespectrum van het FM-signaal. In het midden de draaggolf (centrale frequentie) f_{osc} en verder is ieder verticaal streepje een signaal op afstanden flf vanaf de centrale frequentie. De grootte van deze signalen hangt af van de modulatie index.

De bandbreedte (zie ook paragraaf 3.8) is afhankelijk van:

- de modulatie index; hoe groter de modulatie index, hoe meer zijbanden.
- de hoogste frequentie in het l.f. signaal; hoe hoger de hoogste l.f. frequentie,hoe verder de zijgolven van elkaar af liggen.

5.7 Frequentiestabiliteit

Onder de frequentiestabiliteit van een zender versta je of een zender **constant** op een bepaalde frequentie uitzendt. We onderscheiden daarbij een tweetal mogelijkheden:

a. De **korte duur stabiliteit**
Dat wil zeggen, de mate waarin een zender tijdens de uitzending om zijn frequentie heen schommelt. Deze afwijking behoeft niet groot te zijn, denk maar eens aan 100 Hz op een frequentie van bijvoorbeeld 144 MHz.
Dit is vooral bij morse uitzending zeer vervelend omdat de ontvangen toonhoogte daardoor steeds verandert. In het voorbeeld zou de toon dan 100 Hz in toonhoogte veranderen.
Dit geldt ook voor een EZB uitzending, je hoort dan steeds de toonhoogte van de uitgezonden stem veranderen. In ons voorbeeld moet deze stabiliteit beter dan 100 op 144.000.000 zijn, dus 1:1.440.000. Bij FM en AM is een geringe frequentieschommeling niet op te merken. Een slechte korte duur stabiliteit kan bijvoorbeeld optreden door een slechte mechanische constructie, slechte soldeerverbindingen etc.

b. De **lange duur stabiliteit**
Je kunt je afvragen indien een zender gedurende een uur uitzendt, hoeveel hij dan in frequentie verschoven is. Op zich zelf is dit niet zo een hinderlijk effect omdat geen amateur het uithoudt een uur constant naar een tegenstation te luisteren. Degene die aan de ontvangstzijde zit heeft dan allang eens aan de afstemknop gedraaid of er niet ergens anders een station is wat iets leukers heeft te vertellen. Wanneer hij dan weer terugdraait valt het niet op, wanneer de zender iets in frequentie is verschoven. Alleen bij de moderne gekochte ontvanger met zijn vele geheugens, waarbij je op een toets drukt om de frequentie vast te leggen, kom je wel op de koffie. Want als je terug schakelt naar dit kanaal dan hoor je niets meer en ben je je tegenstation kwijt.
De meeste zenders hebben een relatief groot verloop direct na het inschakelen. De eerste minuten het meest en daarna over het algemeen steeds minder totdat de gehele zender zijn eindtemperatuur heeft bereikt.
Lange duur stabiliteit heeft over het algemeen te maken met effecten die optreden door temperatuurverloop van de onderdelen en het verlopen van de voedingsspanning. Ook met de zogenaamde "oudering" van de componenten.

5.8 Harmonischen en andere ongewenste uitstraling

Een zender mag geen andere signalen in de lucht brengen dan die waarvoor hij is gemaakt. Er kunnen namelijk allerlei ongewenste signalen tot de eindtrap doordringen en daarna de zendantenne bereiken. Dit kunnen zijn mengproducten of de grondfrequentie, of veelvouden daarvan, door in de zender gebruikte oscillator(en).

Het is zaak om deze ongewenste bijproducten zo veel mogelijk bij de bron reeds te onderdrukken. Bovendien moeten deze zo min mogelijk versterkt worden in de daarop volgende trappen. Veel filtering met LC-kringen en afscherming met metalen wanden tussen de afzonderlijke trappen kan bijdragen tot een optimale filtering van ongewenste signalen.

Dan blijft echter nog de eindtrap. Hieraan wordt (als de filtering van de ongewenste signalen op de juiste wijze heeft plaatsgevonden) alleen het signaal op de gewenste frequentie toegevoerd. De eindtrap moet het signaal nu nog versterken tot een niveau dat niet hoger mag zijn dan de voorwaarden toelaten. Een eindtrap heeft altijd de nadelige eigenschap dat hij naast de versterking van het signaal ook altijd een bepaalde vervorming van dit signaal teweeg zal brengen. De mate waarin hangt af van de (gelijkstroom) instelling en de toegepaste componenten.

Een eigenschap van een vervormd signaal is dat het signalen bevat die een veelvoud zijn van de gewenste frequentie. De mate waarin de vervorming optreedt bepaalt de grootte en het aantal van ontstane veelvouden.

De eindtrap van een zender die uitzendt op 145 MHz zal ook signalen produceren die liggen op resp. 290 MHz (2e harmonische), 435 MHz (3e harmonische), 580 MHz (4e harmonische), 725 MHz (5e harmonische), enz. Over het algemeen is het zo dat hoe hoger de harmonische, hoe geringer het geproduceerde stoorsignaal is. Harmonischen kunnen aanleiding geven tot ongewenst storen van andere apparatuur, bijvoorbeeld een 2 meter amateur die met zijn 3e harmonische een stoorsignaal geeft in de 70 cm amateurband of door zijn 4e of 5e harmonische een storing veroorzaakt in het UHF gebied.

Het uitzenden van harmonischen wordt op twee manieren in de praktijk beperkt, namelijk door:

- de toegepaste *antenne*; deze is over het algemeen smalbandig en verzwakt signalen die buiten de amateurband liggen. Dit is een voordeel dat men "gratis" krijgt.

- de toepassing van een *laagdoorlatend filter* aan de uitgang van de zender, of eventueel nog een extra filter in de verbinding tussen de zender en de antenne.

Een **laag**doorlatend filter is een combinatie van één of meer LC kringen die de gewenste frequentie onverzwakt doorlaat en signalen met een hogere frequentie sterk verzwakt. De eenvoudigste vorm van zo een filter is het zogenaamde "pi-filter", genoemd naar de vorm van de Griekse letter π. Het filter bestaat uit een condensator (C1), een spoel (L) en nog een condensator (C2). Op de spoel (L) komen we in het volgende hoofdstuk nog nader terug.

Als schema ziet het pi-filter en andere filter toepassingen er als volgt uit:

5

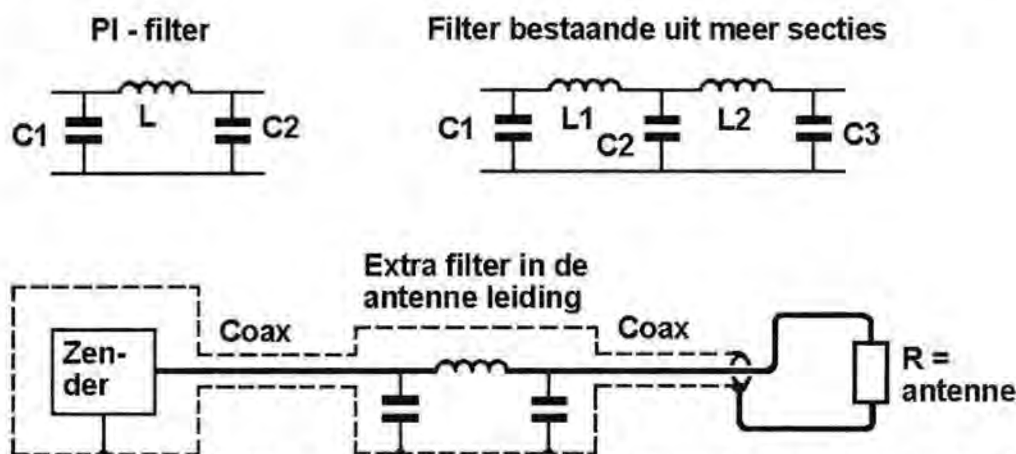


Fig. 5.14 Het PI-filter, een meervoudig filter en een extra filter toegepast in de antenne leiding.

In de amateurhandboeken zijn formules te vinden voor het berekenen van dergelijke filters. Deze formules zijn gebaseerd op het invoeren van de volgende gegevens:

- de ingangs- en de uitgangsimpedantie, meestal 50 of 75 ohm;
- de hoogste frequentie die onverzwakt wordt doorgelaten;
- het aantal secties.

Wanneer je de spoelen en de condensatoren van plaats verwisselt ontstaat een filter dat precies omgekeerd werkt. Dan worden namelijk alleen frequenties doorgelaten die **boven** een bepaalde frequentie liggen en alle frequenties die lager liggen worden verzwakt. We spreken dan van een **hoog**doorlatend filter. Ook hiervoor zijn formules in de handboeken te vinden. Over het algemeen geldt steeds dat hoe *meer* secties een filter heeft hoe *effectiever* het is in het verzwakken van ongewenste signalen.

Het filter aan de uitgang van de zender heeft niet alleen als functie het zo goed mogelijk uitfilteren van harmonischen van de zendfrequentie. De juiste combinatie van spoelen en condensatoren zorgt ook voor de optimale aanpassing van de zenderuitgang op de belasting (antenne). Bij optimale aanpassing kunnen we het maximaal beschikbare zendvermogen uit de eindtrap in de antenne krijgen. Zie hiervoor verder ook paragraaf 6.5.2.

Aantekeningen:

6 Antenne, spoel en condensator nader bekeken

6.1 De lengte van de antennedraad



Fig. 6.01 Voorbeeld van een horizontaal gepolariseerde Yagi antenne voor de 70 cm band.

6

In paragraaf 1.3 heb je al even kennis gemaakt met een zendantenne.
Door een zendantenne worden 2 velden opgewekt, het:
1. magnetisch veld;
2. elektrisch veld.

Deze 2 velden, samen het Elektro-Magnetische veld genoemd horen onafscheidelijk bij elkaar en verplaatsen zich door de atmosfeer en daarbuiten. In die ruimte bevindt zich ergens een ontvangantenne. Het E-M veld wekt op zijn beurt in de ontvangantenne een elektrische spanning op.

Wat is nu een ontvang- of zendantenne?
In het algemeen is er geen verschil tussen een goede ontvang- en zendantenne. Werkt de antenne goed voor het zenden, dan is hij ook goed voor het ontvangen. Andersom is dat niet altijd het geval. Denk maar eens aan de ferrietantenne in sommige ontvangers. Deze antennes zijn ongeschikt als zendantenne.
Goede resultaten zijn alleen te bereiken met een goed bemeten antenne die op de juiste wijze aangesloten is.

De *antenne-afmeting* wordt bepaald door de frequentie waarop deze functioneert.
Welke regel geldt daarvoor? Daarvoor moet je teruggrijpen op het begrip golflengte.

Stel dat je over een antenne voor 14,2 MHz wil beschikken. Dit komt overeen met een golflengte van 300.000.000 : 14.200.000 = 21,1 meter.
Hiervoor gebruiken we de bekende formule:

$$\lambda = \frac{300}{f}$$

*hierin staat λ voor de golflengte in **meters***
*en f voor de frequentie in **MHz***

$$\lambda = \frac{300}{14{,}2} = 21{,}1 \text{ meter}$$

Fig. 6.02 Formule voor het berekenen van de golflengte, waarbij de frequentie in MHz wordt opgegeven.

Een geluk is nu dat het niet nodig is om een antenne van 21,1 meter lengte te maken, het blijkt dat een ***halve*** of een ***kwart*** lengte even prima werkt. Dus 10,56 of 5,28 meter.

Nu nog even terug naar de formule: de 300.000.000 m/s staat voor de snelheid waarmee het E-M-veld zich verplaatst door de ruimte. In de praktijk blijkt de snelheid iets lager te zijn. Daarom kun je rustig de uitkomst van de antenne lengte wat afronden, dus 5,28 m wordt 5,2 m of 5,3 m. Je maakt dan een fout van minder dan 2%. (1% van 5 m is 5 cm).



Fig. 6.03 De (lang)draadantenne.

Test jezelf:

1. Bereken nu de lengte van een **halve-golf**-antenne voor de volgende frequenties en golflengten: 3,5 MHz, 21 MHz, 27 MHz, 2 m en 70 cm en als laatste een halve-golf-antenne voor een zender in de lange-golf amateurband op de frequentie 136 kHz.

2. Toch zitten we nog met het volgende probleem: voor de middengolf, deze gaat ongeveer van 600 kHz tot 1500 kHz, willen we een antenne maken. Bereken nu de benodigde lengte van een kwartgolf antenne voor de hoogste en laagste frequentie.
Voor 600 kHz moet de lengte zijn: ....
en voor 1500 kHz is de lengte: ....



Fig 6.04 Voorbeeld van een professioneel kortegolf zendantennepark

De verhouding tussen de hoogste en laagste frequentie is 1 : 2,5! Dus niet te realiseren, uiteraard ook al vanwege de lengte.
Voor onze amateurbanden ligt dit anders, als voorbeeld nemen we de 20 m amateurband, deze loopt van 14,0 tot 14,35 MHz. Dit is een verhouding van 1 : 1,03. Toch zijn er antenne's die met deze frequentieverhouding reeds moeite met de goede werking hebben. Er zijn dan aanpassingen nodig. Meestal gebruiken we een draadantenne met een antenne-afstemmer (tuner) of een geheel ander antennetype.

6

Aangezien de middengolf- en kortegolf***omroepzenders*** op één vaste frequentie uitzenden kan voor de zenders wel een goede lengte uitgerekend worden.
Het resultaat kan men bijvoorbeeld in Flevoland (bij Zeewolde) bewonderen. Zie de verhouding tussen gebouwen en de hoogte van de antennes.



Fig. 6.05
2 stuks Middengolf antennes in Flevoland

6.2 De antenne nader bekeken

Bekijk je de antenne van figuur 6.06 dan zie je dat het horizontale deel uit twee delen bestaat met een isolator in het midden. Dit geheel is de eigenlijke **antenne**.

Het hierin opgewekte elektrische signaal wordt via 2 verticale draden naar de ontvanger gevoerd.

Wanneer deze antenne als **zendantenne** dienst doet dan wordt het in de zender opgewekte elektrische signaal via de 2 draden naar de antenne gebracht en veroorzaken daar het E-M veld naar de ruimte toe.

Deze 2 verticale draden noemen we de *voedingsdraden* (feeders).

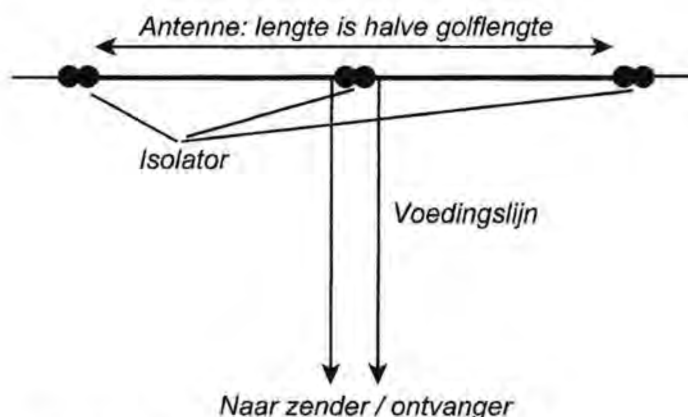


Fig. 6.06 De horizontale dipoolantenne.

De totale lengte van de antenne is voor maximaal rendement gelijk aan de **halve** golflengte, aangezien de voeding in het midden geplaatst is, zijn de twee delen ieder voor zich een **kwart** golflengte lang.

In figuur 6.06 is de halvegolf antenne horizontaal geplaatst. Je kunt deze antenne ook verticaal opstellen. Zie figuur 6.07 (links).

Plaats je nu een kwartgolf antenne **verticaal** boven een aardvlak, dan zal de aarde functioneren als de andere ontbrekende helft. De toepassingen van dit soort antennes herken je bij de autotelefoon en de "spriet" van de 27 MHz op de auto. Deze laatste is al weer een stuk langer en dat maakt de toepassing op de auto alweer moeilijker. Praktisch gezien willen we die antenne wel graag korter hebben. We kunnen door *hulpmiddelen* toe te passen, de antenne inderdaad wat inkorten maar het rendement van de antenne gaat dan wel wat achteruit.

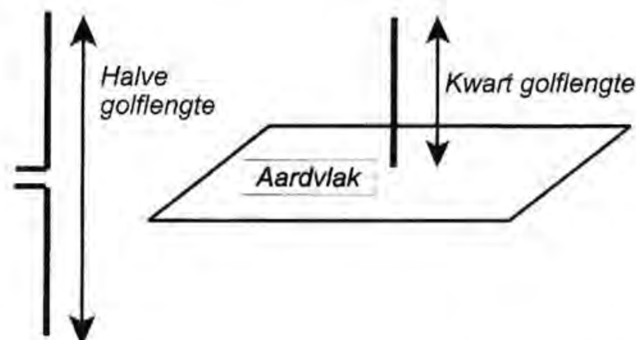


Fig. 6.07 Een verticale dipool en een kwart golflengte dipool boven een aardvlak.

De halvegolf antenne van figuur 6.06, die dus uit 2 delen bestaat, noemen we de *dipoolantenne*. Deze *dipoolantenne* wordt *als maatstaf* genomen. De effectieve werking van andere antennes wordt hiermee vergeleken.

6.3 Eigenschappen van de antenne

Je kunt je afvragen welke eigenschappen maken van een antenne nu een *goede* antenne. Daarom is het nodig om de eigenschappen van de antenne eens op een rij te zetten. Om de eigenschappen van een antenne te beschrijven gaan we uit van een zendantenne. Dit omdat het gemakkelijker is om het E-M veld te meten dat van de antenne afstraalt. We meten op enige afstand de *veldsterkte* van de antenne met behulp van een meetontvanger en zetten de gevonden waarden uit in een grafiek. Deze grafiek is van een bijzonder type.
Immers we kunnen ons op enige afstand in cirkels (de afstand naar de zender blijft dan constant) om de antenne bewegen. Het kan ook zijn dat de antenne (schuin) omhoog straalt. Je wilt dan in het verticale vlak meten. In de hoogte meten wordt gedaan door gebruik te maken van een helikopter.

In de grafiek zetten we de veldsterkte uit afhankelijk van de plaats waarin we ons bevinden. Gebruik je de fiets en de helikopter dan maken we 2 grafieken, we zeggen dat we in het **horizontale** en **verticale** vlak meten. De verkregen resultaten noemen we het:
a. horizontale stralingsdiagram en
b. verticale stralingsdiagram.
Deze twee diagrammen horen bij elkaar. Wil je het heel erg mooi doen dan maak je een echt drie dimensionaal figuur. Zie het voorbeeld in figuur 6.08. Maar meestal vinden we het onder a en b genoemde genoeg.

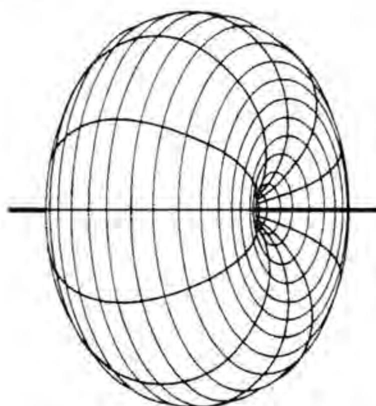


Fig. 6.08 Drie dimensionale grafiek van het E-M veld rond een dipool.

6.3.1 Het horizontale stralingsdiagram

In het ARRL Antenna Book (ARRL is de amateurvereniging in de USA) kun je het plaatje hiernaast vinden. De straal van de zaklantaarn is vooruit, het licht is daar het felst (stel je meet 10), dit geef je dan aan als het nulpunt en gaat vervolgens 360 graden om de lantaarn heen, maar houdt de afstand tot de lantaarn steeds gelijk.
In het figuur neem je dan bijvoorbeeld 16 meetpunten.

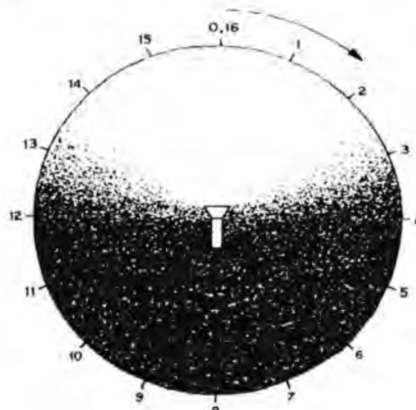


Fig. 6.09 Lichtuitstraling van een zaklantaarn in het horizontale vlak.

De mogelijke meetwaarden 0 tot en met 10 zijn in het figuur 6.10 aangegeven als cirkels. De gemeten waarden worden uitgezet in de grafiek.

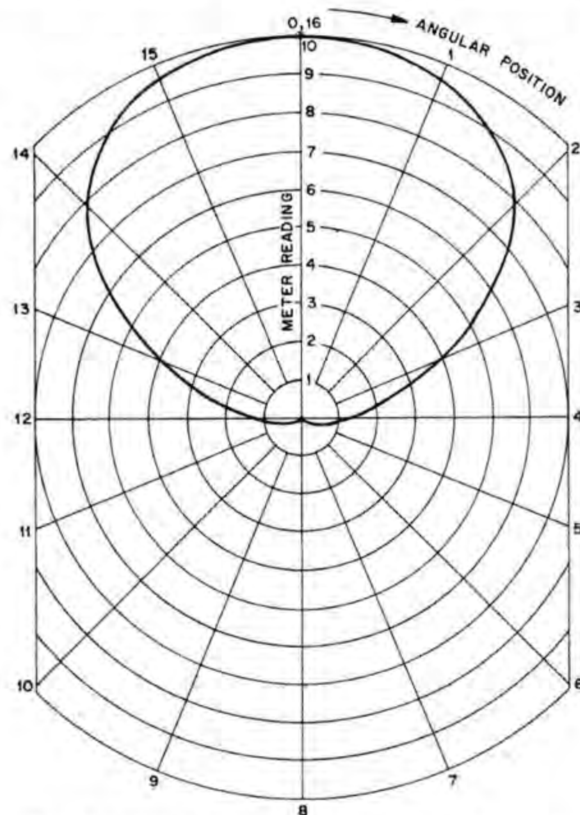


Fig. 6.10 Het horizontale stralingsdiagram.

Op plaats nummer 2 meet je een lichtsterkte van 8 en op plaats 3 een sterkte van 4 enzovoorts. Op plaats 5 tot en met 11 kun je niets aflezen. Op plaats 4 en 12 is er een heel klein beetje lichtsterkte. De meetpunten worden met elkaar verbonden en tussen de gemeten waarden in nemen we aan dat de lichtsterkte regelmatig verloopt.
Zo krijg je een indruk wat de reflector van de zaklamp presteert. Neem je een andere reflector dan zou het plaatje er anders uit kunnen zien.

Gaan we de lichtsterkte in verticale richting meten dan kunnen we in positie nul starten en in het verticale vlak over de lamp gaan naar positie 90 graden, de afstand tot de lamp dient ook steeds dezelfde te zijn. Zie figuur 6.11.

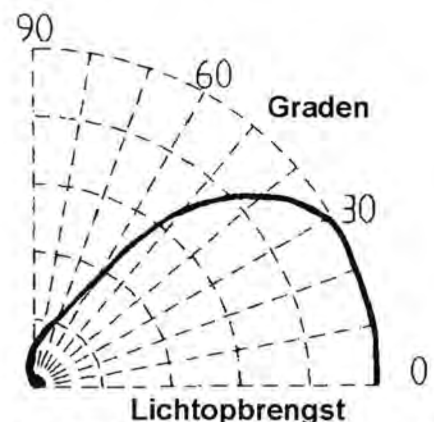


Fig. 6.11 Het verticale stralingsdiagram van de zaklantaarn.

Terug naar onze antenne van een halve golf die horizontaal hangt. Deze antenne heeft een horizontaal stralingsdiagram volgens figuur 6.12.

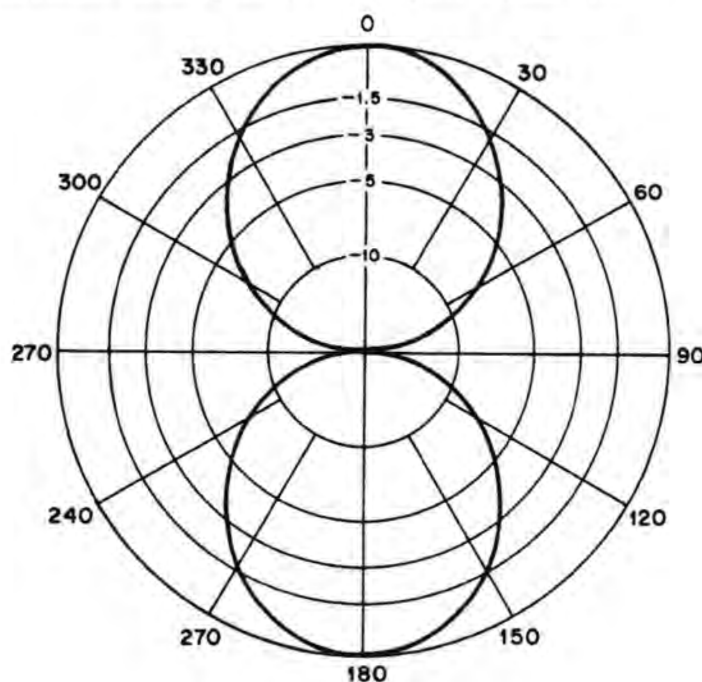


Fig. 6.12 Horizontale stralingsdiagram van de dipoolantenne.

D

Daarin is te zien dat er naar voren en achteren evenveel uitgestraald wordt. Naar de beide zijkanten gaat er weinig E-M straling. Voor een ontvangantenne betekent dit dat er weinig stations op de zijkant van de antenne te ontvangen zijn, tenzij dit zeer sterke stations zijn natuurlijk. We zeggen dan dat deze antenne gevoelig is voor de voor- en achterkant.

Kijken we naar het stralingsdiagram van een **verticaal** opgestelde antenne, zoals bijvoorbeeld op het dak van een auto het geval is, dan zien we een geheel ander figuur. De naam *rondstraler* zal je dan ook niet vreemd voorkomen. Deze antenne heeft dezelfde gevoeligheid voor alle richtingen. Wel blijkt dat de hoogte van de antenne tegenover een aardvlak iets uitmaakt, de voor- en achterkant worden iets minder gevoelig bij een 1/4 golflengte antennehoogte vergeleken bij 1/8 golflengte antennehoogte. In de praktijk zal je van dit verschil echter maar weinig merken.

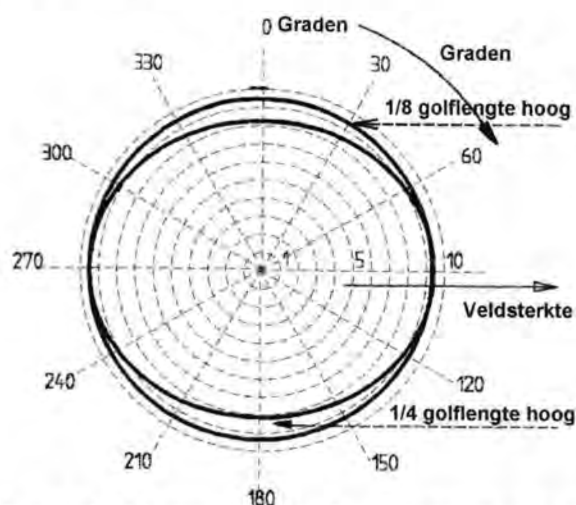


Fig. 6.13 Horizontaal stralingsdiagram van een verticale antenne.

6.3.2 Bundelen van het Elektro Magnetisch veld

Zoals de reflector bij de zaklantaarn een groot effect had op de lichtsterkte naar voren, immers de lichtstralen die naar achteren gaan worden naar voren gespiegeld, kun je de E-M velden ook reflecteren en bundelen. Dit gebeurt duidelijk bij de antennes die in gebruik zijn voor de satelliet-TV. Menige paraboolspiegel siert het huis. De functie van deze reflector is de straling vanuit de satelliet over een bepaald oppervlak opvangen en zodanig reflecteren dat alle straling in een brandpunt bij elkaar komt. In dit brandpunt wordt de eigenlijke antenne gemonteerd en daar wordt het signaal opgevangen en verder de installatie ingevoerd.

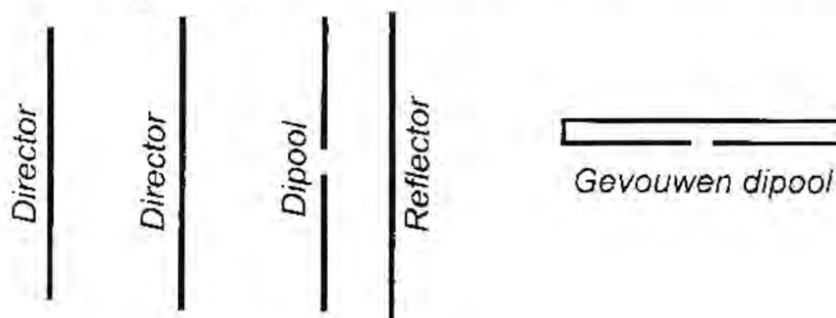


Fig. 6.14 De Yagi-antenne. De dipool is een z.g. "open"dipool. Vaak wordt in plaats hiervan een "gevouwen" dipool toegepast. De uiteinden van de beide helften zijn dan met een staaf van hetzelfde materiaal met elkaar doorverbonden.

Kijk je naar figuur 6.01 dan zie je een antenne die veel in gebruik is voor de 70 cm amateur band (435 MHz). Volg je de kabel naar de antenne dan kom je uit bij de halve golf straler; de reeds besproken *dipool.* Het signaal komt hier vandaan en gaat naar de ontvanger, bij gebruik als zendantenne wordt het signaal hieraan toegevoerd.

Als *reflector* dient een zeer simpele staaf van de *juiste afmetingen en bepaalde afstand tot de dipool.* Deze staaf is eigenlijk de meest simpele reflector die er bestaat.
Deze reflecteert het signaal dat in deze richting wordt uitgestraald.
De staven die aan de andere zijde van de dipool gemonteerd zijn, noemen we *directoren* (ook hiervan zijn de afmetingen en de afstanden tot de dipool zeer bepalend voor de goede werking van de antenne eigenschappen). De directoren ondersteunen de bundeling van de E-M straling. Hoe meer directoren, hoe meer bundeling en dus hoe groter de versterking van de antenne wordt.
Voor 144 MHz kunnen er wel 6 tot 10 gemonteerd zijn. Voor de 70 cm band (432 MHz), waarbij de afmetingen dus veel kleiner zijn, kunnen er veel meer directoren gemonteerd zijn. Wil men op de lagere frequenties, zoals de 14 MHz band, met een reflector werken dan gebruikt men in de regel niet meer dan 1 director wegens de grote afmetingen die deze antennes dan krijgen.

Soms ziet men wel antennes met 3 staven als reflector. Deze staven zijn dan boven elkaar gemonteerd en je ziet er, met wat fantasie, iets duidelijker de reflectorvorm in terug.
We noemen een antenne met reflectoren en directoren ook wel een *yagi-antenne*, naar de Japanse uitvinder ervan.

Onderstaand diagram heeft betrekking op een z.g. 9 elements yagi voor de 2 meter band. Deze antenne heeft van achter naar voor: 1 reflector, 1 dipool en 7 directoren.

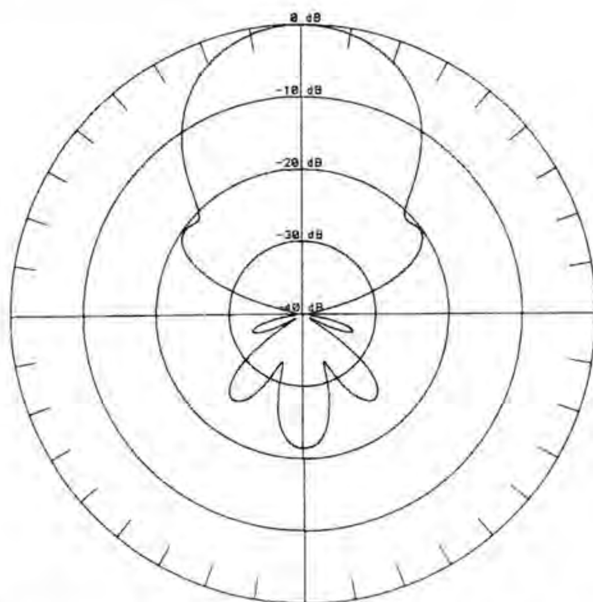


Fig. 6.15 Horizontale stralingsdiagram van een 9 elements yagi.
Op de buitenste cirkel (0 dB) is het vermogen maximaal.
Op de tweede cirkel (-10 dB) is het vermogen 1/10 (10%).
Op de derde cirkel (-20 dB) is het vermogen 1/100 (1%).
Op de vierde cirkel (-30 dB) is het vermogen 1/1000 (0,1%).

De volgende belangrijke begrippen komen hier nu om de hoek kijken:

a. ***Voor achter-verhouding***

Hier deelt men de voorwaartse maximale straling door de naar achteren gerichte straling. Deze verhouding wordt meestal wiskundig omgerekend en wordt dan in decibel (dB) uitgedrukt.
Gebruiken we een parabool als spiegel, zoals bij satellietontvangst, dan hebben we een zeer hoge voor-/achterverhouding. Toch moet men bedenken dat de grafiek een wat theoretisch idee geeft over zijn mogelijkheden.
In de praktijk blijkt het nogal eens anders uit te vallen door de invloed van reflecties door bomen, dakgoten, daken van huizen etc.
In de antenne in ons voorbeeld is de voor-/achterverhouding ruim 100.
Dit komt overeen met ruim 20 dB. Zie de uitleg over het begrip dB in paragraaf 15.1.

b. ***Versterking***

We willen ook graag weten hoeveel signaal deze antenne meer afgeeft dan een andere. Dit wordt meestal vergeleken met een simpele dipool antenne, dus hoeveel meer in vergelijking met de enkelvoudige dipool.
Het grotere of zwakkere signaal in vergelijking met het signaal van de meetdipool, noemen we de *versterking (Gain)* van de antenne en wordt ook in dB's uitgedrukt. Zie de uitleg over het begrip dB in paragraaf 15.1.
Hoe groot de versterking van de antenne in ons voorbeeld is, kunnen we niet uit het diagram aflezen. Dit komt omdat het gedrag van een standaard meetdipool niet is opgenomen. De fabrikant vermeld deze meestal apart. Voor een 9 elements 2 meter antenne is deze ongeveer 10 dB (dit is dus een factor 10 t.o.v. de standaard dipool).

c. ***Openingshoek***

Dit is een gegeven dat uit het horizontale en verticale stralingsdiagram is af te leiden. Sta je recht voor de antenne dan vang je de meeste E-M straling op. Verdraai je nu de antenne dan zal de signaalsterkte afnemen. Dit doe je tot dat het signaal 0,71 maal de originele sterkte is geworden. We noemen dit het - 3 dB punt. In de grafiek kun je nu een lijn vanuit de oorsprong door dit punt trekken. Er zijn 2 lijnen waarvoor dit geldt. De hoek tussen deze 2 lijnen noemen we de openingshoek. De antenne van figuur 6.16 heeft dus een de openingshoek van ongeveer 70 graden.
Kijk ook nog een naar de antenne in figuur 6.15. Deze heeft een openingshoek van ruim ...? graden.

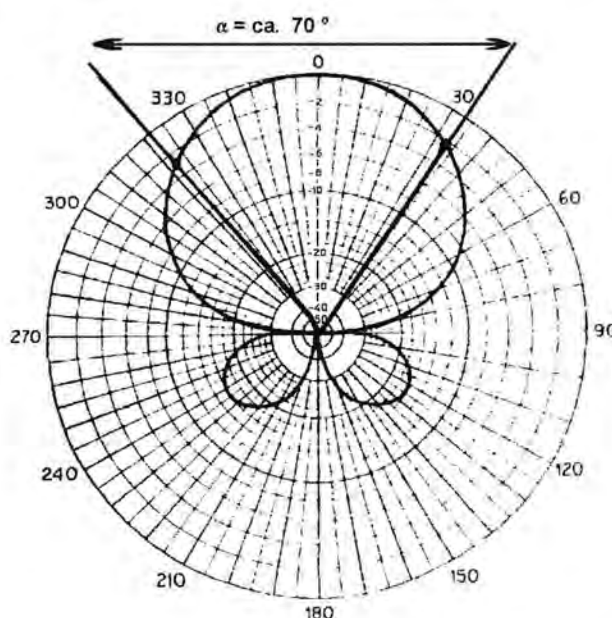


Fig. 6.16 De openingshoek van circa 70 graden is ingetekend.

6.3.3 Het stralingsdiagram in het verticale vlak

In het begin van deze paragraaf 6.3 hebben we al kennis gemaakt met de manier waarop een verticaal diagram wordt gemeten en getekend. De grafiek levert ons informatie op hoe of een antenne bruikbaar is om lange afstanden te overbruggen of juist niet. Een kortegolf antenne die loodrecht omhoog straalt, daar zullen we in het algemeen de USA niet mee halen, maar deze is zeer geschikt voor verkeer in de omgeving. Immers de reflectie in de ionosfeer geeft weer een straling recht naar beneden terug. Ideaal voor een dichtbij verbinding in bergachtig terrein.

Kijken we naar de straling van de **horizontale** antenne die op een geringe hoogte boven het aardoppervlak is opgesteld. Deze vertoont in figuur 6.17 de grootste sterkte onder een hoek van 35 graden naar boven. Deze hoek noemen we de *opstralingshoek*.

De hoek blijkt met de **hoogte** van de antenne boven het aardvlak samen te hangen.

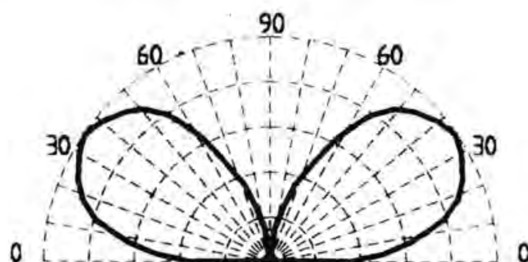


Fig. 6.17 Verticaal stralingsdiagram van een horizontale dipoolantenne op een bepaalde hoogte boven de aarde.

6.3.4 Verticale kwartgolf



Fig. 6.18 Het verticale stralingsdiagram van een verticale antenne met het voetpunt op een ideaal grondvlak.

In figuur 6.18 zien we dat de grootste veldsterkte van deze antenne ligt in de horizontale richting.

Deze antenne straalt naar de horizon op maximale sterkte, maar bij nader onderzoek blijkt ook hier de hoogte van de antenne van belang. De volgende grafiekjes in figuur 6.19 geven dit aan (bron: ARRL Antenna Handbook):

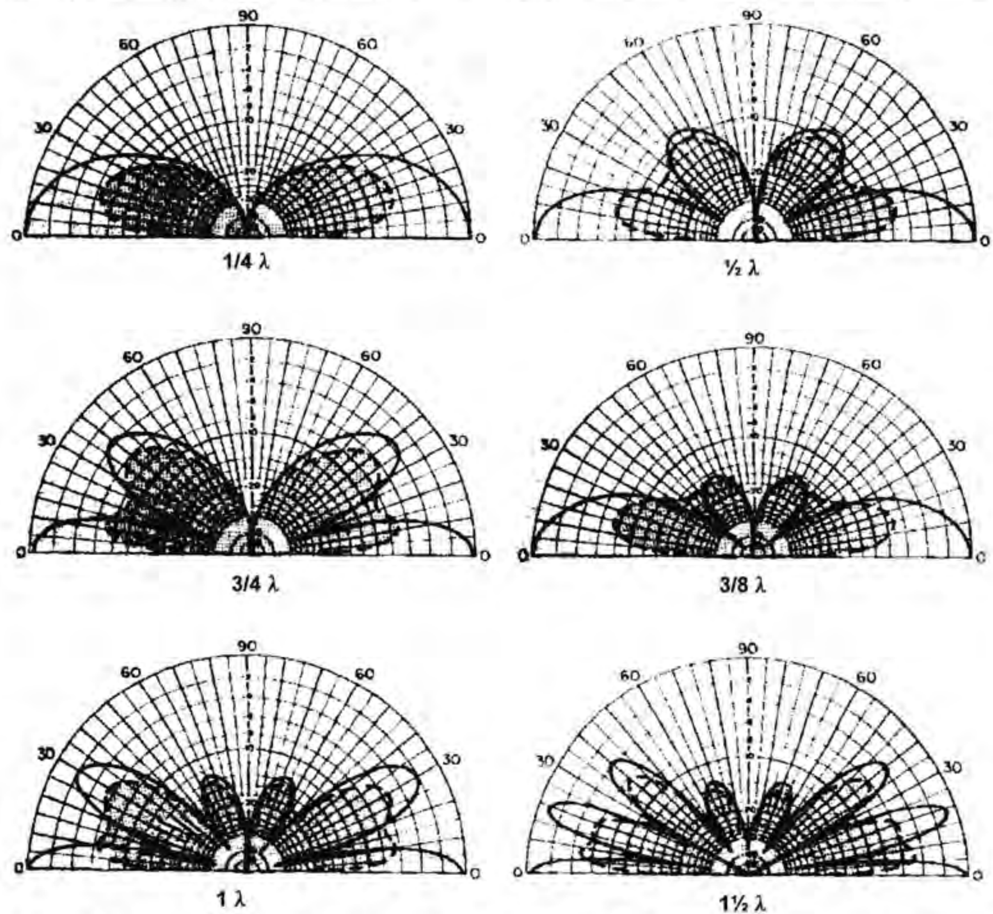


Fig. 6.19 Invloed van de antennehoogte op de E-M straling van een verticale antenne. De getrokken lijn is voor een antenne op een ideaal aardvlak en de streepjeslijn is voor een "gemiddeld" aardvlak.

Is de antenne op een hoogte gemonteerd die gelijk is aan een kwart van de golflengte boven een aardvlak, dan is de opstralingshoek ongeveer 5 graden.

Gaan we naar een hoogte toe van een hele golflengte dan zien we deze opstralingshoek geleidelijk veranderen naar zo'n 30 graden. Bovendien zien we dat er bij het omhoog brengen van de antenne, de E-M-straling zich over meerdere hoeken gaat verdelen. Wordt er een hoogte van anderhalve golflengte bereikt dan zien we de richtingen 0, 20, en 40 graden heel duidelijk.
De gevoeligheid (bij ontvangen) of de uitgestraalde energie (bij zenden) verdeelt zich over deze hoeken.

6.3.5 Groundplane antenne

Een speciale verticale kwartgolf antenne is de groundplane antenne. Het speciale zit hem in het kunstmatige aardvlak. Dit "aardvlak" bestaat uit een aantal 1/4 λ (lees: kwart golf) lange staven of draden. Deze kunnen horizontaal of onder een hoek naar beneden zijn aangebracht, zie de tekeningen.

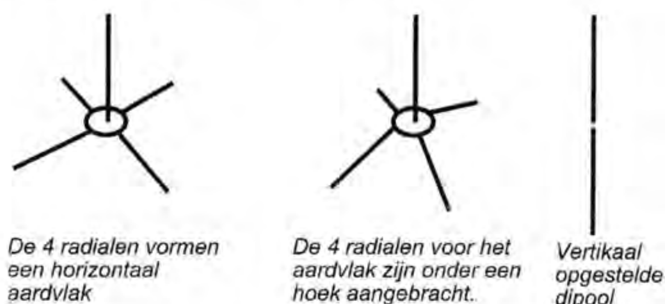


Fig. 6.20 Enkele uitvoeringen van de groundplane antenne. Alle radialen en de verticale straler hebben een lengte van een kwart golf.

Deze staven noemt men ook wel *radialen* en worden met de mantel van de coax-kabel verbonden.
Het monteren van de radialen dient symmetrisch te geschieden. Een bekende uitvoering is die met drie radialen onder een hoek van 45 graden met het horizontale vlak naar beneden, zoals in de figuur in het midden is getekend.
Het blijkt dat de impedantie in het voedingspunt afhankelijk is van de hoek tussen de verticale straler en de radialen.
Bij horizontale radialen (90 graden) is dit circa 36 Ω.
Bij een hoek van 120 graden is dit circa 50 Ω.
Bij een dipool (180 graden) is dit circa 72 Ω.

6

6.4 Polarisatie

Tot nu toe hebben we het gehad over verticale en horizontale antennes. Afhankelijk van de opstelling van de antenne spreken we daarbij over de *polarisatie*. Je geeft dit aan met een richting. Deze kan *horizontaal*, *verticaal* of bij toepassing van speciale antenneconstructies *circulair* zijn.

Met de polarisatierichting geef je de stand van het *elektrische* veld aan. Zoals we al eerder hebben gezien staat het *magnetische* veld hier loodrecht op. Zie onderstaande figuur.

Het elektrische veld heeft dezelfde richting als de dipool of de draad van een antenne. Een horizontaal opgestelde Yagi antenne geeft een horizontale polarisatie en een verticaal opgestelde een verticale. Om als tegenstation een maximaal signaal te kunnen ontvangen is het van belang dat de zendantenne en de ontvangantenne dezelfde polarisatie hebben. Als iemand zendt met bijvoorbeeld een horizontaal opgestelde yagi antenne en je wil deze ontvangen met bijvoorbeeld een verticale rondstraler dan is het te ontvangen signaal zwakker dan wanneer we het tegenstation zouden ontvangen met een horizontaal opgestelde dipool.

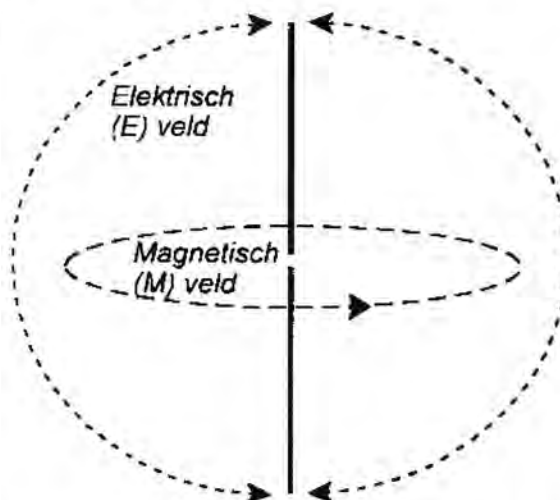


Fig. 6.21 Het elektrische en het magnetische veld staan loodrecht op elkaar. De richting van het elektrische veld noemen we de polarisatie richting van de antenne.

Nagenoeg alle VHF/UHF relaisstations werken met een verticaal opgestelde rondstraler. Voor verre afstand (DX-)verkeer maken we meestal gebruik van horizontale polarisatie.

6.4.1 Het belang van de opstralingshoek en de zonnevlekken

Wanneer je met je ontvanger in de 20 meter band luistert, kan het gebeuren dat je de Amerikaanse amateurs luid en duidelijk hoort. Maar een paar uur eerder hoorde je stations uit het oosten zeer duidelijk. Hoe komt het dat je signalen van zover kunt ontvangen?

Om de aarde bevinden zich (in de ionosfeer) lagen die als een soort spiegel werken, deze "spiegels" reflecteren de radiosignalen terug naar de aarde waar ze dan weer opgevangen kunnen worden. Voor details, zie de volgende paragraaf. Het volgende plaatje geeft daarvan een indruk:

In dit plaatje wordt aangegeven dat van een zender de meeste energie uitgezonden wordt in een bepaalde (hoofd)richting. Hoe kleiner de opstralingshoek is, hoe verder het signaal van de zender in de ionosfeer komt, dus hoe groter het bereik na de reflectie.

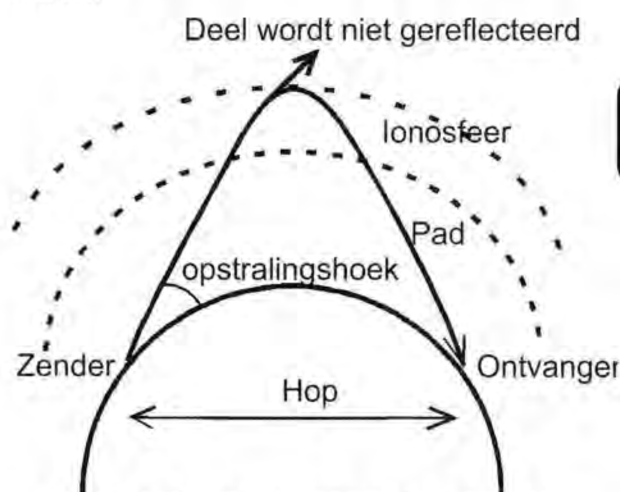


Fig. 6.22 De ionosfeer als spiegel voor radiosignalen.

Een deel van de Elektro Magnetische (EM) straling gaat door de ionosfeer heen en verdwijnt in het heelal. Een bepaald deel zal worden gereflecteerd en keert terug naar de aarde. Hoe groot dat terugkerende deel is hangt af van het aantal elektrische deeltjes in de ionosfeer. Het blijkt dat dit aantal deeltjes niet constant is, maar onderhevig is aan schommelingen. De schommelingen hangen samen met het aantal *zonne-erupties*. Deze erupties kun je vanaf de aarde waarnemen en heten *zonnevlekken*.

Het aantal zonnevlekken vertoont van jaar tot jaar schommelingen. Men onderscheidt een 11 jarige cyclus hierin. Het betekent voor de zendamateur dat er gedurende enige jaren, met grote aantallen zonnevlekken, in een bepaald frequentiegebied gemakkelijk verbindingen gemaakt kunnen worden en dan gedurende een aantal jaren weer niet of zeer slecht. Dit is niet absoluut er kunnen zich "oplevingen" voordoen. Vooral de 10, 15 en 20 meter band zijn sterk aan dit verschijnsel onderhevig.
In 1996 - 1997 zaten we in een minimum en in de jaren 2000 - 2002 was er een maximum. In de jaren 2007 - 2008 is het aantal zonnevlekken weer minimaal en daarmee nemen de mogelijkheden van de radiozendamateur op de hogere kortegolfbanden af. Na 2008 is er weer toename en het maximum is dan in 2012- 2013 vervolgens naar een minimum in 2019 en een maximum in 2024. Het blijkt dat deze cycli een tolerantie hebben van een jaar.

6.4.2 Reflectie en directe straling

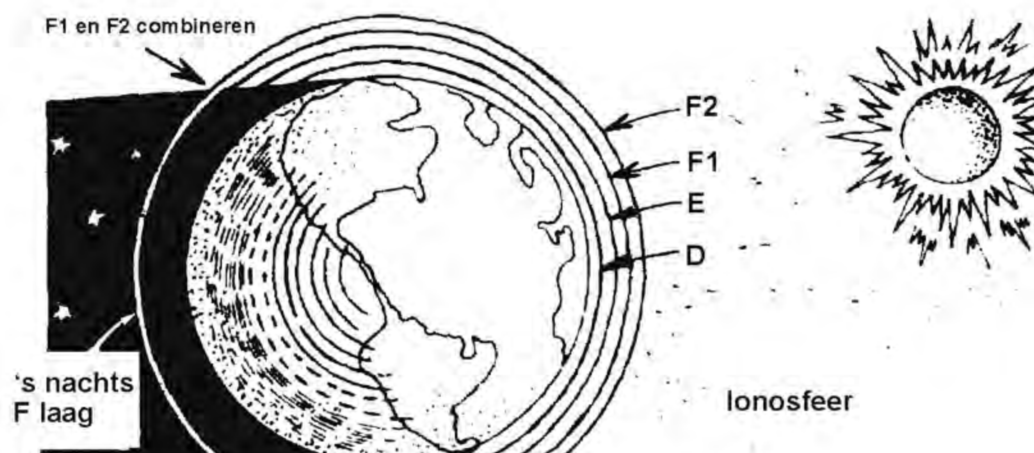


Fig. 6.23 De aarde en zijn ionosfeer.

In bovenstaand figuur zie je de aarde als een bol getekend. Om de aarde is de luchtlaag en zoals je weet wordt de lucht steeds ijler en kouder naarmate je hoger komt. Dicht bij de aarde bevinden zich de wolken, hoog boven de wolken bevinden zich de vliegtuigen en dan heb je het over ongeveer 10 km hoogte. Deze laag noemen we de *troposfeer*.
Nog hoger (denk aan 75 km tot zo een 400 km) dan hebben we het over een gebied dat de *ionosfeer* genoemd wordt.

In dit gebied bevinden zich elektrische deeltjes als gevolg van de zonnestraling. De intensiteit van deze deeltjes verschilt nogal met de hoogte en door invloed van de zonnestraling. De geleerden onderscheiden in deze ionosfeer de *D, E, F1 en F2* laag. Alle lagen, behalve de D laag, functioneren als spiegels voor onze radiosignalen in een (afhankelijk van de laag) bepaald frequentiegebied.

De **D laag** (op 50 - 90 km) is alleen overdag aanwezig en absorbeert de radiogolven. Daardoor dempt ze doorgang naar de F2 laag, voor de signalen in de 160 en 80 meter band (1,8 en 3,5 MHz) en het verdere korte golf frequentie gebied. De D laag reflecteert alleen de lange golf en een deel van het middengolf gebied.
Deze laag verdwijnt zodra het duister wordt, de signalen komen daardoor krachtiger bij de F laag aan en vervolgens dus verder.

De **E laag** (op ongeveer 120 km) ontstaat gedurende de dag en zal signalen tussen ongeveer 5 en 20 MHz (afhankelijk van de zonnecyclus) kunnen reflecteren, voor zover de signalen niet door de D laag zijn geabsorbeerd. Signalen op hogere frequenties, dus boven 20 MHz worden ook door de E laag doorgelaten en deze signalen kunnen dan vervolgens de F lagen bereiken.

Bij nacht voegen de **F1** (op ongeveer 200 km) en **F2** (op 300 - 400 km) laag zich samen en spreken we van de **F laag**. Komen we van de nacht in de dag

dan zal deze F laag zich weer splitsen in de F1 en de F2 laag. Met andere woorden deze lagen zijn steeds in beweging.

De **F1 laag** is niet zo belangrijk voor H.F. signalen. De laag ontstaat gedurende de dag. Signalen tot 10 MHz zullen deze laag over het algemeen niet bereiken omdat ze door de D laag zijn geabsorbeerd of reeds door de E laag zijn gereflecteerd. Frequenties hoger dan 20 MHz zullen nagenoeg altijd door de F1 laag worden doorgelaten. Alleen frequenties tussen 10 en 20 MHz worden soms gereflecteerd en dan kunnen afstanden tot zo'n 3.000 km worden overbrugd.

De **F2 laag** wordt overdag opgebouwd, blijft gedurende de nacht intact maar varieert sterk in intensiteit over een etmaal. Afhankelijk van de zonnecyclus kunnen frequenties tot 14 MHz (bij laag aantal zonnevlekken) of zelfs tot boven 50 MHz (bij hoog aantal zonnevlekken) worden gereflecteerd. Uiteraard voor zover ze niet al door de E laag zijn gereflecteerd. Afstanden van zo'n 4.000 km of meer worden bij grote aantallen zonnevlekken overbrugd.
De hier vermelde afstanden gelden voor signalen die éénmaal door een laag worden gereflecteerd. Als signalen meerdere malen reflecteren tegen lagen en/of de aarde spreken we van *multi hop-verbindingen* waardoor een veel grotere afstand kan worden overbrugd.

Deze lagen als spiegels hebben grote gebreken, zij zijn *absoluut niet stabiel en niet iedere dag hetzelfde*. Dit is dan ook de oorzaak dat veraf gelegen zenders met een wisselende signaalsterkte ontvangen kunnen worden. Duurt het verschijnsel kort en hoeven we maar kleine gedeelten van een uitzending te missen, dan noemen we het verschijnsel *fading*.

Duurt het verschijnsel langer, je hoort een paar uur of een paar dagen niets en zijn er dan ineens weer goede verbindingen mogelijk dan spreken we over wisselende condities.
De spiegels werken niet voor alle frequenties even goed. Er zijn rekenprogramma's waarmee, op basis van het actuele zonnevlekkengetal, de propagatie naar verschillende richtingen en op verschillende frequenties kan worden voorspeld. Daaruit is af te leiden op welke frequentie en tijd van de dag een verbinding over een bepaalde weg (pad genoemd) *misschien* mogelijk is.

Men gebruikt hierbij het begrip van de *kritische frequentie*, dat is de hoogste frequentie waarbij een loodrecht gericht signaal op de reflecterende laag nog gereflecteerd wordt. Deze wordt de MUF genoemd, Maximum Usable Frequentie.
Er is ook een laagste frequentie waarbij geen reflectie optreed, deze wordt de LUF genoemd, Lowest Usable Frequentie.

VHF en UHF

Boven 50 MHz blijken de hiervoor genoemde D, E en F lagen zo "lek" als een mandje te zijn en valt er van een spiegelwerking niet veel meer te verwachten. Je hebt dan alleen rekening te houden met de horizontale richting van de E-M straling. In principe kom je daardoor niet verder dan de horizon, in de praktijk wel iets verder. Het blijkt dat de E-M stralen iets met het aardoppervlak mee buigen. Dit is dan ook de reden van het bouwen van masten van 10 meter hoog of nog hoger. Hoe hoger de antenne is geplaatst, hoe groter de afstand tot de horizon is. Mensen die 3 meter onder NAP wonen hebben wel het nakijken vergeleken bij bewoners op de heuvels in Limburg.
Globaal gesproken kan worden gesteld dat afstand tot de horizon bij een 2 x zo hoog opgestelde antenne 1,4 x zo groot wordt. Voor een dubbele afstand is dus een 4 x zo hoog opgestelde antenne nodig.

Andere mogelijkheden die de horizon van de VHF en UHF amateur aanmerkelijk kunnen vergroten zijn het gebruik maken van bijzondere apparatuur (a) of hemellichamen (b) en/of bijzondere atmosferische omstandigheden (c t/m f):

a. **amateur satellieten**
Deze satellieten ontvangen een signaal in de ene amateurband en zenden dit weer uit in een andere amateurband of een andere frequentie in dezelfde band.

b. **moonbouncing** (EME = Earth Moon Earth)
De maan wordt gebruikt als reflector voor radiosignalen. Dit vereist een groot zendvermogen, een antenne met veel versterking en een gevoelige ontvanger.

c. **meteor-scatter (MS)**
Ook meteorenregens veroorzaken reflectiegebieden in de ionosfeer. Als een meteoriet verbrandt ontstaat een oplichtende staart, die VHF- radiogolven goed reflecteert. De levensduur van deze staart is maar enkele seconden tot hooguit enkele tientallen seconden. De overbrugbare afstand is ca 1800 km. De grootste meteorenregen is de Perseïdenregen in de tweede en derde week van augustus. Door de korte reflectieduur worden de verbindingen doorgaans gemaakt met hogesnelheid-telegrafie.

d. **Aurora**
Dit verschijnsel is gekoppeld aan het Noorderlicht. Het wordt veroorzaakt door de zonnewind. Geladen deeltjes worden door de zon uitgestoten en via het aardmagnetisch veld naar de polen afgebogen. In de ionosfeer komen de geladen deeltjes in botsing met de gasmoleculen van de zeer ijle atmosfeer. Hierbij ontstaan zowel licht (het noorderlicht), als een wolk met een hoge concentratie aan vrije elektronen die VHF-radiogolven reflecteert. Een kenmerk van deze gereflecteerde golven is dat ze soms een rauw, sissend geluid vertonen.

e. **sporadische E (Es)**
In de zomer kan de **E laag** op bepaalde plaatsen, soms zo sterk geïoniseerd raken dat 50 MHz en zelfs 144 MHz signalen nog weerkaatst worden.
Er kunnen dan afstanden van 500 tot wel 2400 km worden overbrugd met sterke signalen.

f. **inversie**
Onder bepaalde weersomstandigheden komt het voor dat in de **troposfeer** VHF- en UHF-signalen worden omgebogen naar de aarde als gevolg van plotselinge verschillen in temperatuur tussen verschillende boven elkaar liggende luchtmassa's. We spreken daarbij van refractie (breking).
In bijzondere gevallen kan de buiging zo sterk zijn dat de radiogolven na een grote afstand overbrugd te hebben, weer naar de aarde terug buigen.
Dit gebeurt als er in vochtige lucht een zogenaamde *temperatuur-inversie* (omkering) optreedt. Op toenemende hoogte wordt de temperatuur eerst hoger en op een bepaalde hoogte wordt deze vrij abrupt weer geleidelijk lager. Er zijn dan verbindingen mogelijk over afstanden tot 800 kilometer. De afstand is uiteraard afhankelijk van de hoogte waarop de temperatuur-inversie optreedt. In de praktijk zal dit zijn op hoogten tussen 250 en 3000 meter. Omdat deze voortplanting in de troposfeer plaatsvindt noemt men dit tropo-propagatie.

Het kan ook gebeuren dat er meerdere van deze lagen boven elkaar ontstaan. Deze lagen zijn gescheiden door een grenslaag. De E-M golf wordt dan heen en weer gekaatst tussen deze lagen. Er is dan een soort van buis of tunnel ontstaan die men *duct* noemt.

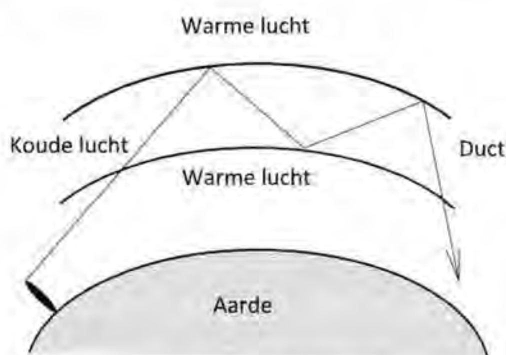


Fig. 6.24a Het E-M signaal reflecteert een aantal keren ten gevolge van inverse

Test jezelf:

1 Wat gebeurt er wanneer je naar een gereflecteerd signaal zit te luisteren en de lagen zijn in beweging?
2 Waarom is een lage opstralingshoek van de antenne belangrijk?
3 Wat gebeurt er met de straling vanuit een antenne die alleen maar recht omhoog straalt?
4 Waaraan moet een antenne voldoen om stations in de omgeving te kunnen werken bij een frequentie van 14 MHz en wat als je hetzelfde wilt bereiken op 144 MHz?

6

6.5 Van antenne naar zender / ontvanger

6.5.1 Voedingslijn

Het energietransport van en naar de antenne gaat via de *antennekabel* of beter gezegd: *de transmissielijn of voedingslijn (feeder).*

Er zijn *twee* manieren om een signaal naar of van de antenne te krijgen. Deze twee manieren noemt men:
1. *symmetrisch*
2. *asymmetrisch*

a. De *symmetrische transmissielijn* (figuur 6.24) bestaat uit 2 parallel lopende draden, die op enige afstand van elkaar gehouden worden door zogenaamde spreiders. Voor TV en FM ontvangers werd dit soort kabel ook wel gebruikt, men noemt het dan *lintkabel* of *twin lead.* Bij de lintkabel zijn beide aders bedekt met isolatie en eveneens met elkaar daarmee verbonden.

Voordelen van de symmetrische transmissielijn zijn:
a. goedkope constructie en
b. weinig verliesgevend.

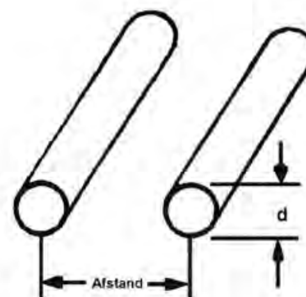


Fig. 6.24 Voorbeeld van de geleiders in een lintkabel.

Een nadeel is dat de draden niet afgeschermd zijn en daardoor is het signaal op de kabel beïnvloedbaar door storing uit de omgeving (auto's en brommers). Ook is er een probleem wanneer zo een kabel bijvoorbeeld langs een metalen dakgoot gemonteerd moet worden. Dit omdat de invloed vanuit een storingsbron, dakgoot, muur e.d op beide draden niet evengroot zal zijn.

De zogenoemde *karakteristieke impedantie* van zo een leiding ligt tussen de 100 en 600 ohm (afhankelijk van de afstand en de diameter van de geleiders). Deze waarde is van belang voor de aanpassing van de kabel op de zender/ ontvanger en op de antenne. Als deze te veel van elkaar afwijken is een aanpaseenheid nodig. Deze aanpaseenheid wordt in hoofdzaak gebruikt voor het voeden van symmetrische kortegolf antennes.

b. De *asymmetrische transmissielijn* (figuur 6.25) bestaat uit een draad die omgeven is door een geleidende mantel die de andere draad vormt. Deze kabel noemt men coaxiale kabel of korter *coaxkabel*. Deze kabel wordt zeer algemeen toegepast voor het voeden van zowel HF als VHF/UHF antennes.

Voordelen van de coaxkabel zijn:
a. De binnendraad, die het signaal vervoert, is door de buitendraad afgeschermd.
Door deze afscherming kunnen stoorsignalen de binnendraad niet bereiken.
b. Door deze afscherming is deze kabel goed langs dakgoten en muren aan te leggen. Deze hebben dan geen invloed op het signaal in de kabel.



Fig. 6.25 Voorbeeld van een coaxkabel.

6

Een nadeel is dat er bij toepassing van een symmetrische antenne een aanpaseenheid moet worden gebruikt die de asymmetrische coaxkabel aansluit op de symmetrische antenne.

De coaxkabel is in vele kwaliteiten verkrijgbaar. Men onderscheid flexibele en semi-flexibele kabels. In apparatuur wordt vaak een hele dunne soepele coaxkabel gebruikt. In feite wordt de *dikte* van de binnendraad bepaald door de *stroom* die de kabel moet vervoeren. Voor alleen ontvangst is het niet nodig om kabel met een dikke binnendraad toe te passen. Bij grotere lengten moet je echter wel rekening houden met de verliezen.

Ook kent de coaxkabel een bepaalde karakteristieke impedantie, deze is meestal 50 ohm voor professionele apparatuur en 75 ohm voor televisietoestellen.
Er bestaan ook kabels met geheel andere karakteristieke impedantie. De karakteristieke impedantie is afhankelijk van de diameter van de binnendraad, de afstand tot de afscherming en het materiaal van de isolatie. In een volgend hoofdstuk wordt verder op deze impedantie in gegaan.

Men onderscheid de kabels van elkaar door een codering. Veel gebruikte kabels met een karakteristieke impedantie van 50 ohm zijn bijvoorbeeld de RG-58 en de RG-213.
Maar de RG-6 bestaat ook en deze heeft een karakteristieke impedantie van 75 ohm. De RG-62 heeft een karakteristieke impedantie van 93 ohm.

Op de coaxkabels staan de gegevens (nummer en impedantie) altijd als een opdruk op de mantel vermeld. Kabels zonder opdruk moeten met enig wantrouwen bekeken worden. Zij kunnen erg veel verlies hebben. Het verlies wordt in decibel per meter in tabellen aangegeven. Hoe meer dB's er in de tabel vermeld staan, hoe meer verlies deze kabel heeft. Het verlies (in dB's) wordt altijd opgegeven voor een bepaalde frequentie en een bepaalde lengte. Bij hogere frequenties nemen de verliezen altijd toe. Zie de dB tabel op pagina 32 figuur 6.40.

6.5.2 Maximale energie overdracht

Allereerst moet je je de vraag stellen aan welke voorwaarden voldaan moet worden om *maximale vermogens overdracht* van zender naar antenne te bereiken.

Je kunt dit principe met een simpele proef vaststellen:
Stel we nemen een spanningsbron met een *inwendige weerstand* van 50Ω. Dit is voor een gewone spanningsbron erg hoog, maar voor een zender is dit gewoon. Je kunt een imitatie maken door op één van de uitgangsklemmen van de spanningsbron (bijvoorbeeld een transformator met een laagspanningswikkeling of een batterij) een weerstand van 50Ω aan te sluiten. Vervolgens doe je net alsof deze bij de spanningsbron behoort. Zie het schema:

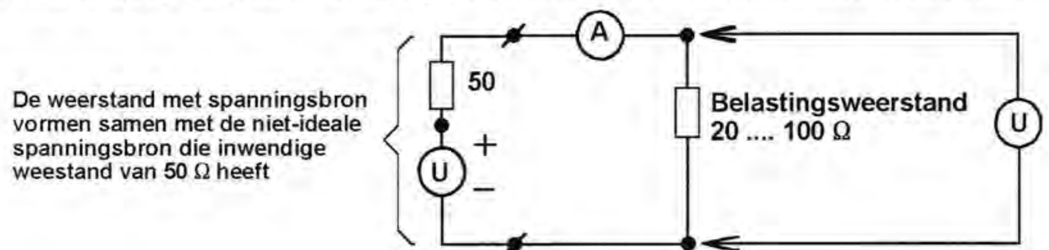


Fig. 6.26 Schema voor het bepalen van maximale vermogensoverdracht.

Op deze spanningsbron (in het **voorbeeld nemen we als spanning 1 volt aan**) sluit je steeds een andere weerstand als belasting aan. Die weerstand heet *uitwendige* of *belastingsweerstand.* Dan meet je de stroom die door de keten vloeit of de spanning over de belastingsweerstand. Nu is het vermogen in de belastingsweerstanden te berekenen, namelijk:

$$P = U * I$$

aangezien U = I * R

Invullen, er zijn nu 2 mogelijkheden:

$$1^e \text{ is } P = (I*R)*I = I^2 * R$$

$$2^e \text{ is } P = U * (\frac{U}{R}) = \frac{U^2}{R}$$

Fig. 6.27 Drie mogelijkheden voor het berekenen van het vermogen uit spanning, stroom en weerstand.

Vervolgens kun je de gegevens in een grafiek tekenen. Hierbij komen de diverse waarden van de belastingsweerstand langs de horizontale, of *x*-as. Het in deze weerstand afgegeven vermogen komt langs de verticale, of *y*-as, te staan. In figuur 6.28 is ook het ontwikkelde vermogen in de "inwendige" weerstand aangegeven met een tweede lijn (P in Ri).

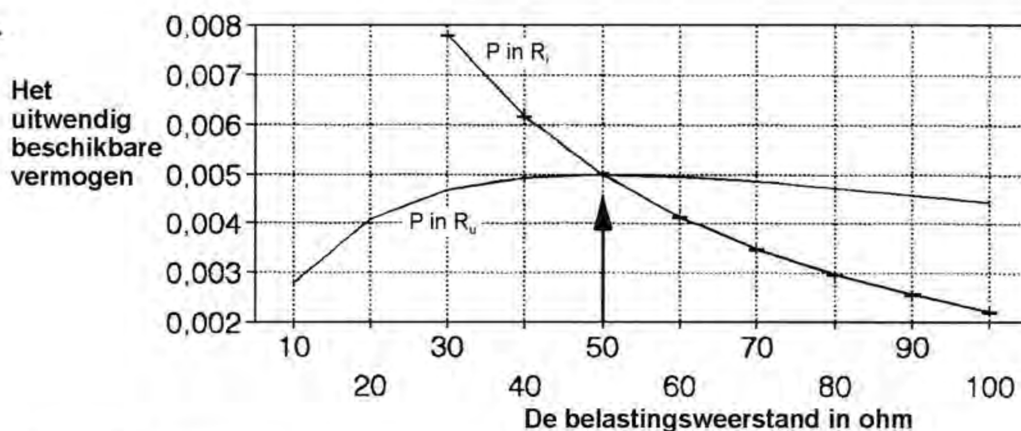


Fig. 6.28 Bepalen wanneer maximale energie overdracht plaats vindt.

6

Dit vermogen berekenen we uit de steeds met de formule: $P = I^2 * 50$.
Bekijk je de twee in de grafiek (figuur 6.28) getekende krommen, dan zie je dat het punt voor *maximale energie overdracht aan de belastingsweerstand* ligt op het punt waar Ru = 50Ω en dat is gelijk aan Ri = 50Ω !

In het algemeen geldt:

*indien **Ru = Ri,** dan vindt maximale energie overdracht plaats.*

Dit is een zeer belangrijke regel!
Deze regel geldt namelijk ook voor de zender met de antenne en aansluitkabels. Immers we willen zoveel mogelijk energie naar de antenne brengen. Op de antenne wordt de antennekabel aangesloten. Deze kabels zijn gestandaardiseerd op 50 Ω, 75 Ω of 300 Ω. Deze waarden hangen samen met de mechanische constructie en wordt de *karakteristieke impedantie* genoemd, zie paragraaf 6.5. De constructie van de antenne moet dan zodanig worden, dat de impedantie ervan gelijk is aan de karakteristieke impedantie van de antenne kabel. En daarop wordt de zendereindtrap dan berekend.

Er ontstaat dan de reeks:
a. zenderuitgang: deze heeft een inwendige weerstand van 50 Ω,
b. de (coax)kabel: deze heeft een karakteristiek impedantie van 50 Ω en
c. de antenne: deze heeft een karakteristieke impedantie van 50 Ω.

Dit is ook voor andere genormaliseerde waarden zoals 75 en 300 Ω mogelijk.

In figuur 6.29 is een en ander nog eens in een tekening weergegeven.

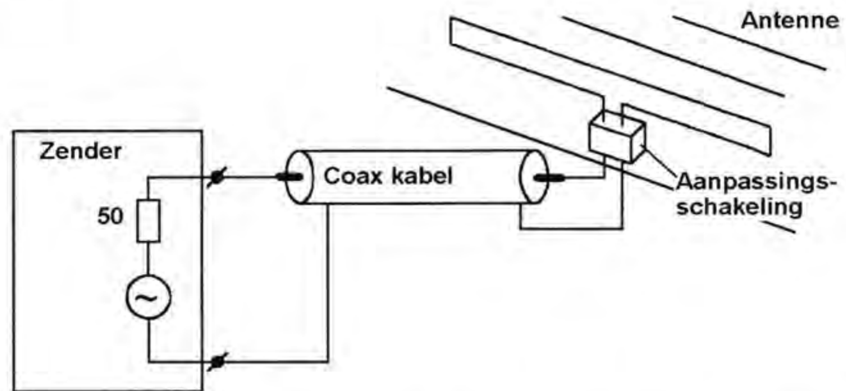


Fig. 6.29 Een goed aangepaste antenne aan de kabel naar de zender. Dit voor maximale energie overdracht. Het stralende element is een gevouwen dipool.

Terug naar het voorbeeld: Uit de grafiek in figuur 6.28 is nu af te lezen dat het afgegeven vermogen aan de afsluitweerstand 0,005 W (5 mW) bedraagt.
Een gelijk vermogen wordt in de inwendige weerstand (50 Ω) van de generator gedissipeerd!
Stel nu dat we een belastingsweerstand van 30 Ω aansluiten, we lezen in de grafiek af dat er dan een vermogen van 0,0048 W (4,8 mW) in de belastingsweerstand terecht komt, en in de 50 Ω inwendige weerstand van de generator wordt dan een vermogen ontwikkeld van 0,0078 W (7,8mW).

6.5.3 De spanning is afhankelijk van de belastingsweerstand

Wanneer de belastingsweerstand gelijk is aan de inwendige weerstand van de spanningsbron, dan zal over beide 0,5 volt staan, immers we hadden in ons voorbeeld een ideale spanningsbron van 1 volt verondersteld. Hoe wordt dat nu als de belasting 30 ohm wordt? In het volgend figuur is dat ook weer in een grafiek uitgezet. De spanningsverdeling wordt dan:

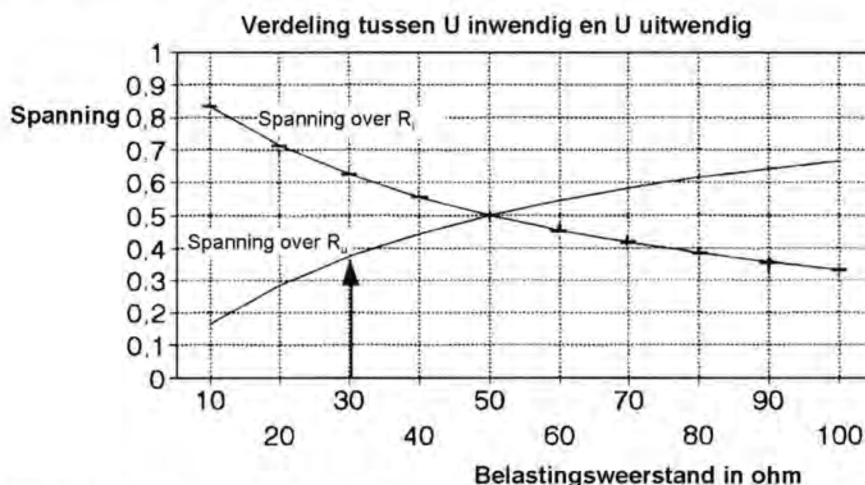


Fig. 6.30 Het verloop van de spanning over de interne en de externe weerstand bij verschillende belastingsweerstanden en constante inwendige weerstand.

Je leest bij 30 Ω af: 0,375 volt en een inwendig spanningsverlies in de spanningsbron van 0,625 V. We veronderstellen hierbij dat de draden van de kabel geen spanningsverlies veroorzaken, een ideale kabel dus.
Daar de spanning in de ideale toestand 0,5 V was, is deze spanning met 0,125 V gedaald en het inwendig verlies is met 0,125 V toegenomen. Met veel fantasie zou je kunnen zeggen dat er 0,125 V vanuit de belastingsweerstand **gereflecteerd** is naar de spanningsbron.

Deze redenering kunnen we ook voor de stroom opzetten. We passen deze gedachtegang nu toe op de zender met zijn antenne als uitwendige weerstand. In de antennetechniek en bij de staande golfmeter gebruiken we de uitdrukking reflectie alsof er werkelijk reflectie is. Weet dus dat het een ingeburgerd spraakgebruik is.
Zet je in plaats van een wisselspanning een pulsvormige spanning op de kabel, dan kun je **wel** reflectie's waarnemen. Dit komt omdat een puls een zeer korte tijd inneemt. Een sinusvormige spanning daarentegen geeft op ieder moment op alle punten in de kabel een spanning. Daarom kan op een willekeurig punt van een leiding geen 2 verschillende spanningen tegenover een ander punt voorkomen, net zo min als er 2 tegengestelde stromen in een draad kunnen vloeien. Wel kunnen we een verschijnsel **meten** (constateren) en dan proberen een verklaring te vinden voor hetgeen we waarnemen. Zo ook bovenstaande redenatie over de reflectie van spanningen.

We kunnen nu 3 situaties bedenken die ons bij het beredeneren verder kunnen helpen :

a. De antenne is precies aangepast aan de kabel en zender. Er treedt geen reflectie op en vanaf de zender gaat alle energie de antenne in en wordt daar omgezet in elektromagnetische energie die wordt uitgestraald.

b. De kabel is aan het **einde open**. De verbinding met de antenne is verbroken. Wat gaat er nu gebeuren?
Eén ding weten we zeker, aan een open einde van een kabeldraad loopt geen stroom. Er kan wel spanning op de draadeinden staan.

c. De kabeldraden zijn aan het **einde kortgesloten**. Wat gebeurt daar?
In een kortsluiting kan nooit van een spanningsverschil sprake zijn, wel kan er een kortsluitstroom vloeien.

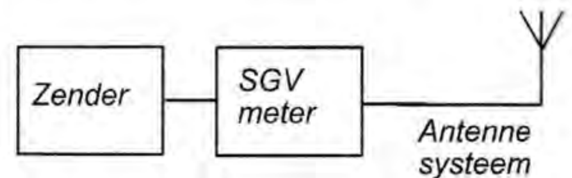


Fig 6.31 De staandegolfmeter tussen zender en antenne

Het mag duidelijk zijn dat de situaties b. en c. op een defect duiden. Stel nu dat de antenne afwijkt van de juiste weerstand. Dan kan de belasting aan de kabel, die de antenne is, òf hoger òf lager zijn. In de eerste situatie zal nu de spanning en stroom naar b. neigen en in de tweede situatie naar richting van c. gaan. De *staande golf verhouding (s.g.v.)* geeft aan hoeveel de afwijking van de ideale situatie is. In het Engels: s.w.r., *standing wave ratio*.
De s.g.v. of s.w.r. meter heeft een schakelaar met één meter of twee meters. Een heel mooie constructie is één meter met twee wijzers. De meters geven een indicatie van het "heengaande" en de "gereflecteerde" vermogen, gemeten op een willekeurig punt in de kabel waar de meter is geplaatst. Nu plaats je deze s.g.v. meter tussen de zender en de antenne kabel in. Je zet nu de zender aan en draait de instelbare weerstand in de meter zó dat de heengaande wijzer precies volle uitslag van de meter geeft.

Schakel nu om naar gereflecteerd en lees dan de waarde af. Stel dat onze meterschaal tot 10 kan tellen dan is:

P terug	s.g.v.	opmerking
0	1	geen reflectie, ideaal
1	1,2	
2	1,5	
3	1,9	
4	2	wordt slechter
5	3,0	
7	5,7	
10	oneindig	totale reflectie

6

Een s.g.v. van 1 is optimaal, 2 is al wat slechter. We zouden ons zeker een betere situatie wensen. Bij een hoge(re) s.g.v. nemen de verliezen in de kabel toe.

Let op: In dit voorbeeld meet je de kabel met de antenne als één geheel. Als de aanpassing niet juist is, kan dat komen door de kabel of door de antenne. Je weet niet welk van de twee de oorzaak is. Je zou om verschil te kunnen meten de staandegolfmeter tussen kabel en antenne moeten aansluiten. Dat is echter praktisch meestal onuitvoerbaar.

Aan de coaxkabel is er niets te veranderen, blijft de antenne over. Door de lengte van de draad of van de dipool iets te veranderen of de afstand tussen dipool en reflector en/of directoren te corrigeren kan een betere aanpassing verkregen worden.

6.5.4 Staande en lopende golven

In het voorgaande komt het begrip staandegolf naar voren, waar moet je dan aan denken? Neem nu een open dipoolantenne, deze gaan we voeden vanuit de lintkabel.
Aan de uiteinden van deze dipool kan nooit stroom vloeien, maar wel een spanning staan. De antenne veroorzaakt een E-M veld dat de ruimte ingaat en geeft daarbij wel zijn energie af. Je kunt nu de stroom en spanningsverdeling op de antenne bekijken in figuur 6.33.

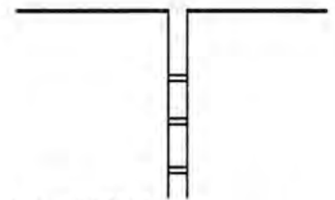


Fig. 6.32 De dipoolantenne gevoed vanuit de lintkabel.

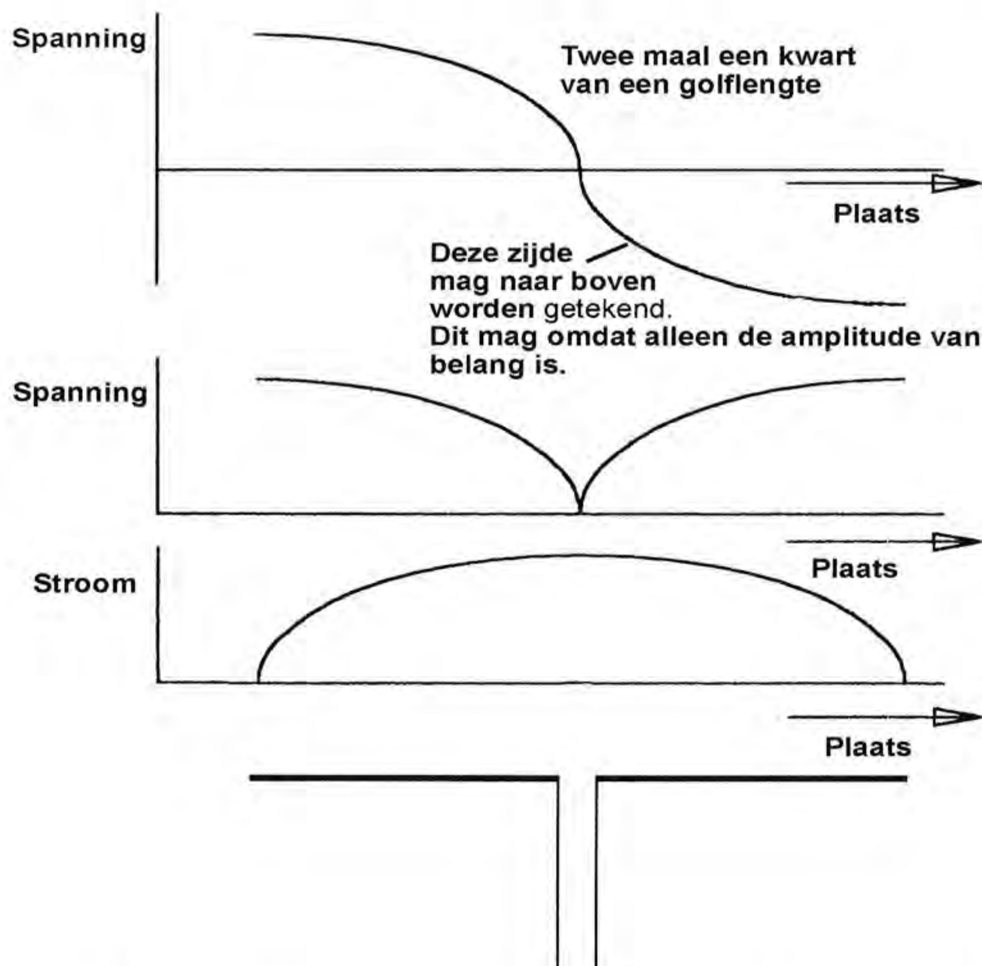


Fig. 6.33 De stroom- en spanningsverdeling op een halve golf dipool.

Meestal worden stroom en spanning in één tekening ondergebracht. Er ontstaat dan volgend figuur 6.34. De assen van de grafieken zijn weggelaten.
Bedenk ook dat de grafiek een momentopname is, de amplitude wordt altijd als een soort maximum getekend.

In werkelijkheid verandert de amplitude van maximaal naar nul en weer terug. Dus zenden we op 144 MHz dan gaat dat 288.000.000 maal per seconde tussen maximaal en nul heen en weer. Dit geldt voor ieder punt van de antenne. Dit nu noemen we een staande golf.

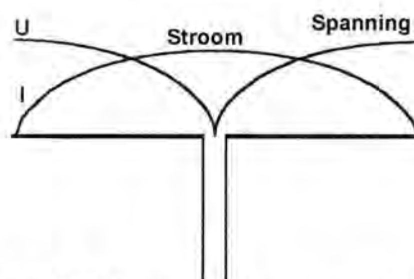


Fig. 6.34 Stroom en spanning in één figuur met de antenne, een halve-golf dipoolantenne.

Het uiteinde is nul, wat de stroom betreft, en wordt een *knoop* genoemd. Waar het maximum ligt (hangt dus van de golflengte en lengte van draad af) noemen we een *buik*.

6

We onderscheiden stroom- en spanningsbuiken, deze liggen dus niet op het zelfde punt van de antennedraad! Om een beeld daarvan te krijgen, zie de figuur 6.35. Daar is de grootte van de spanning (of de stroom) op 10 verschillende tijdstippen binnen één periode getekend.

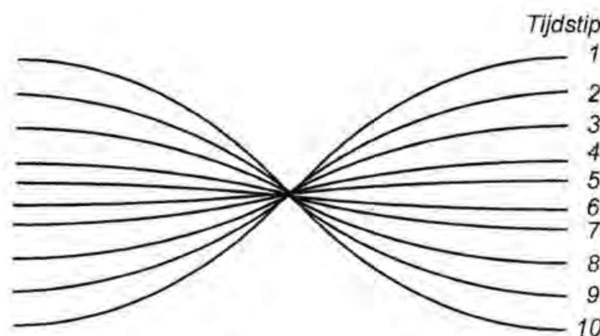


Fig. 6.35 Voorstelling van een "knoop".

Terug naar onze dipool van de juiste afmetingen en kijken we naar het voedingspunt, dan zien we daar in het midden een **stroombuik** en een **spanningsknoop**. De kabel vervoert dus de energie naar een punt met grote stroom en weinig spanning, met andere woorden: het lijkt een punt met lage weerstand (impedantie)!

Bij juiste aanpassing (weerstand van kabel = weerstand van antenne) geeft de coaxkabel of voedingslijn alle energie af aan de antenne. Op de coaxkabel of voedingslijn zullen er dan geen staande golven ontstaan, we spreken dan over een *lopende golf*. Bij misaanpassing ontstaan er dus wél staande golven en de grootte van deze hangt van de mate van misaanpassing af.

Het nadeel van staande golven op een voedingslijn of -kabel is dat deze gaat stralen, hij zendt E-M golven uit en aangezien deze kabel vanaf de zender, via het huis met zijn centrale verwarming, waterleiding, elektriciteitsleidingen en zinken dakgoot, naar buiten gaat worden deze leidingen getroffen door deze E-M straling. Op deze manier kan je zender storing veroorzaken bij de buren, wat je zeker moet voorkomen, want meestal betekent dat: "er is een probleem".

Stel nu dat de *karakteristieke impedantie* (op te vatten als zijnde de weerstand voor wisselspanning van de antenne of kabel) van antenne met kabel **niet** met elkaar overeenkomen, wat dan?
We gebruiken dan een aanpasschakeling of netwerk. Deze schakelingen kunnen diverse uitvoeringen hebben. Men maakt gebruik van stukken coax, spoelen, condensatoren en ferrietringen. In allerlei handboeken en in het maandblad *Electron* vind je allerlei gegevens hierover.

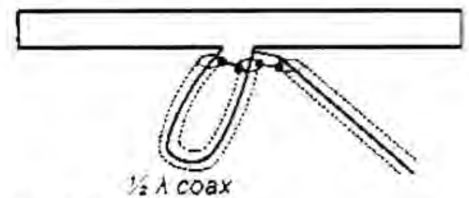


Fig. 6.36 Balun.

Een aanpasvoorziening is ook nodig indien je van een coaxkabel overgaat naar een symmetrische antenne. Ook al hebben deze **gelijke** karakteristieke impedantie's. Zie ook figuur 6.29. Zo'n voorziening heet een *balun,* dit woord is afgeleid van het engelse *bal*anced to *un*balanced. In figuur 6.36 is een balun getekend. Deze zorgt voor de aanpassing tussen de symmetrische gevouwen dipool, met een karakteristiek impedantie van 300 ohm en de asymmetrische coax kabel met een karakteristiek impedantie van 50 ohm.

Een symmetrische antenne van 50 ohm moet, wil je het goed doen, ook via zo een bepaalde aanpassing aansluiten op een 50 ohm coaxkabel. Zou je dit niet doen, dan gaat de mantel van de coaxkabel ook als antenne werken. En voor VHF is dit vervelend want dan komen de storingen van auto's en dergelijke beter bij je ontvanger naar binnen.

Zo is een dipool antenne, in het midden gevoed, altijd *symmetrisch* en een aan een uiteinde gevoede antenne altijd *asymmetrisch (zie verder).*
Voor kabels is de lintlijn symmetrisch en de coaxkabel asymmetrisch.

6.5.5 De eindgevoede antenne

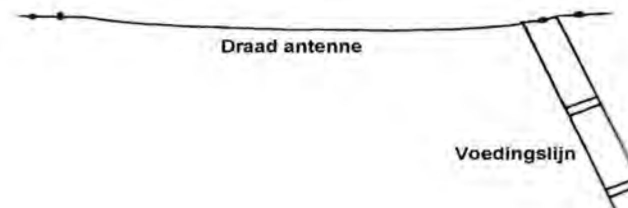


Fig. 6.37 De eindgevoede antenne.

Bij dit type antenne kunnen we de hiervoor beschreven zaken eens nader bekijken.
Voor één bepaalde frequentie krijgen we dan een stroomspanningsverdeling die er als volgt uit kan zien als is aangegeven in figuur 6.38. Omdat aan het andere einde van de antennedraad altijd een spanningsmaximum (buik) en een stroomminimum (knoop) moet zitten is het afhankelijk van de lengte van de antenne, hoe spanning en stroom zich op het voedingspunt zich zullen gedragen. *Verander* je van frequentie dan zal de stroom- spanning verhouding in het voedingspunt veranderen. De karakteristieke impedantie verandert dan, dus moet de aanpassing veranderd worden. Hoe doe je dat voor deze antenne?

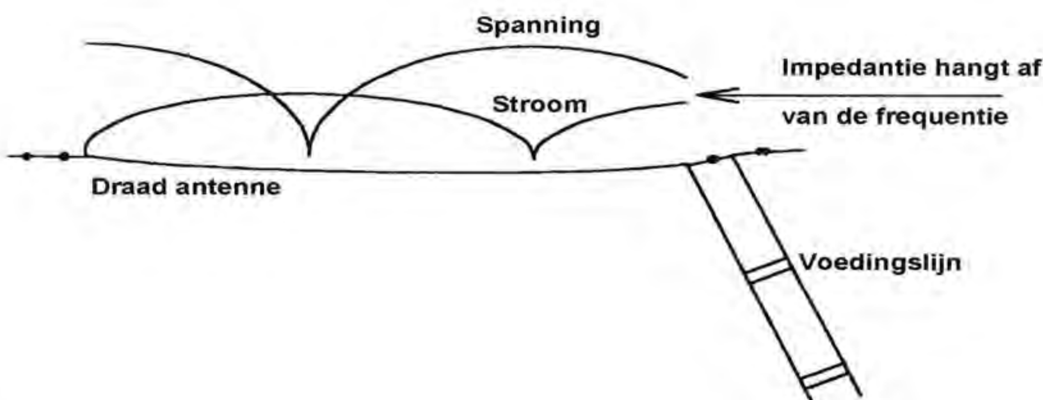


Fig. 6.38 De stroom- spanningsverdeling op een draadantenne.
Deze geldt voor één bepaalde frequentie.

6

We maken dan gebruik van een type filter dat wel een pi filter genoemd wordt. De naam pi komt van de Griekse letter af omdat de schakeling daar wat op lijkt, zie figuur 6.39. Zie ook paragraaf 5.8.

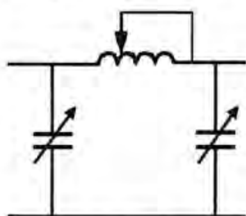


Fig. 6.39 Pi filter.

De zender of ontvanger wordt via het aanpasfilter aangesloten op de voedingslijn van de antenne. Spoel en condensatoren moeten instelbaar zijn. Deze componenten worden ingebouwd in een metalen kast, die aan massa geschakeld moet worden. Doe je dit niet, dan gaan de componenten als antenne werken.

Een voordeel van de filterschakeling is dat ook de frequentie waarop geluisterd wordt, bevoordeeld wordt.

Een groot nadeel van deze antenne is dat op het voedingspunt, afhankelijk van de frequentie, bij het zenden een hoge spanning kan komen te staan. Dit kan aanleiding geven tot storing in elektronische apparatuur die in de nabije omgeving is opgesteld. Kortom deze antenne is goed geschikt voor ontvangst-antenne maar als zendantenne liever niet.

De enige antennes, die lijken op een eindgevoede antenne en die we op VHF en UHF als zend- en ontvangantenne goed kunnen gebruiken, zijn de 1/4 of de 5/8 golflengte verticale antennes. Deze hebben in het voedingspunt een lage impedantie (rond 50 Ω) en kunnen daarom direct op de coaxkabel worden aangesloten. De afscherming van de kabel wordt ter plaatse van de antenne met het *aardvlak* verbonden.

Test jezelf:

1. Welke verschillen bestaan er elektrisch gezien tussen coax en lintlijn?
2. Wat voor functies kunnen antenne-aanpasunits hebben?
3. Wat zijn er voor nadelen te noemen van een eindgevoede antenne?
4. Welke voordelen heeft een dipool antenne vergeleken bij de eindgevoede antenne?
5. Wat voor knoop zit er aan het punt waar een kabel is doorgeknipt? Is dit een spannings- of een stroomknoop?

Frequentie in MHz	Aircell 7	Aircom plus	H 100	H 500	H 2000 flex	Ecoflex 10	SP 3000 +
7	0,9	0,7	1,1	1,1	1,0	1,0	1,4
28	3,7	1,6	2,4	2,7	2,0	2,0	2,3
144	7,9	4,5	5,2	5,6	4,8	4,8	5,5
430	14,1	8,2	9,1	9,3	8,5	8,9	10,0
1240	26,1	15,2	16,2	16,8	15,7	16,5	18,5

Fig. 6.40 De demping in dB per 100m van verschillende coax kabels. Gegevens van fabrikanten.

In de tabel is te zien dat hoe hoger de frequentie wordt des te meer verlies optreedt. Naarmate het gebruik van hogere frequenties toeneemt neemt de kwaliteit van de kabels toe. Zie voor de nieuwste gegevens de fabrieksspecificaties.

Aantekeningen:

7 Samenwerking tussen spoel en condensator

7.1 Afgestemde kringen

De antenne vangt alle signalen op die er zijn. Heeft een antenne bepaalde afmetingen dan zal hij voor een bepaald frequentie gebied meer signaal afgeven naar de ontvanger. Het signaal dat van de antenne kabel afkomt, wordt meestal naar een afstemcircuit geleid. Dit circuit maakt een eerste selectie. Deze selectie is niet voldoende en het signaal wordt verder in de ontvanger beter behandeld. Een figuur dat we altijd als deel in een schema tegenkomen is één van de volgende:



Fig. 7.01 Frequentieselectie kan geschieden met parallel- of seriekring.

Twee symbolen stellen de spoel en de condensator voor waarop een antenne en massa (aarde) aangesloten zijn. We gebruiken altijd zo een kring om een bepaalde frequentie te selecteren, dat wil zeggen juist door te laten of tegen te houden. De aantrekkelijke eigenschap van een seriekring is dat hij een bepaalde frequentie doorlaat en de parallelkring houdt deze tegen.
Daarom wordt een seriekring soms een *zuigkring* genoemd en een parallelkring een *sperkring*.

Deze beide kringen hebben nog een andere gemeenschappelijke naam, namelijk *afgestemde kring,* dit omdat zij de mogelijkheid hebben één frequentie te selecteren. Maken we daarbij gebruik van een condensator waarvan we de waarde kunnen instellen dan hebben we een *afstembare* kring in elkaar gezet.

Wel is het zo dat in de praktijk een seriekring niet precies één frequentie doorlaat maar een frequentie gebied om die ene frequentie. Hoe verder van deze frequentie verwijderd, hoe meer de andere frequenties verzwakt worden. Deze theoretische frequentie noemen we de *resonantie-frequentie*. Het frequentie *gebied* dat ook nog doorgelaten wordt, binnen bepaalde grenzen, noemen we de *bandbreedte* van de kring.
Overigens heeft men in het verleden de condensator ook wel een vaste waarde gegeven en de spoel instelbaar gemaakt. Het doet verder aan de werking niets af.

7

7.1.1 De parallelkring en zijn eigenschappen

Om iets van de eigenschap van een kring te weten te komen maken we een proefopstelling als volgt:

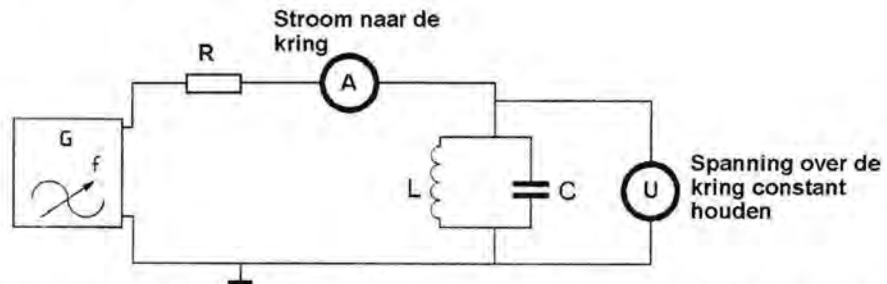


Fig. 7.02 Het idee voor een meetopstelling. G is een meetzender of variabele oscillator.

Varieer je de frequentie van de frequentiegenerator (meetzender) en meten we de stroom (en houdt daarbij de spanning over de parallelkring constant van grootte) dan zou je het volgende kunnen waarnemen:

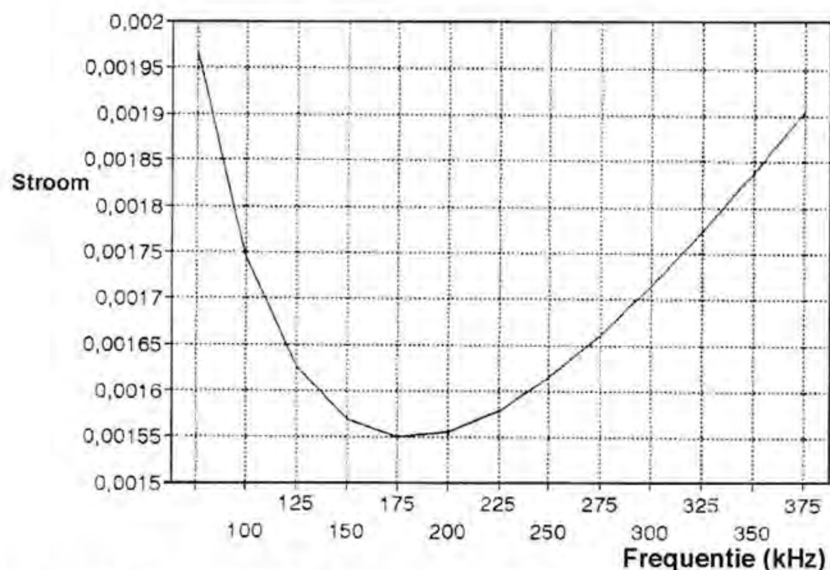


*Fig. 7.03 De stroom door de parallelkring neemt **af** bij resonantie, de kring heeft dan een **hoge** weerstand. De spanning over de kring is bij de meting constant gehouden.*

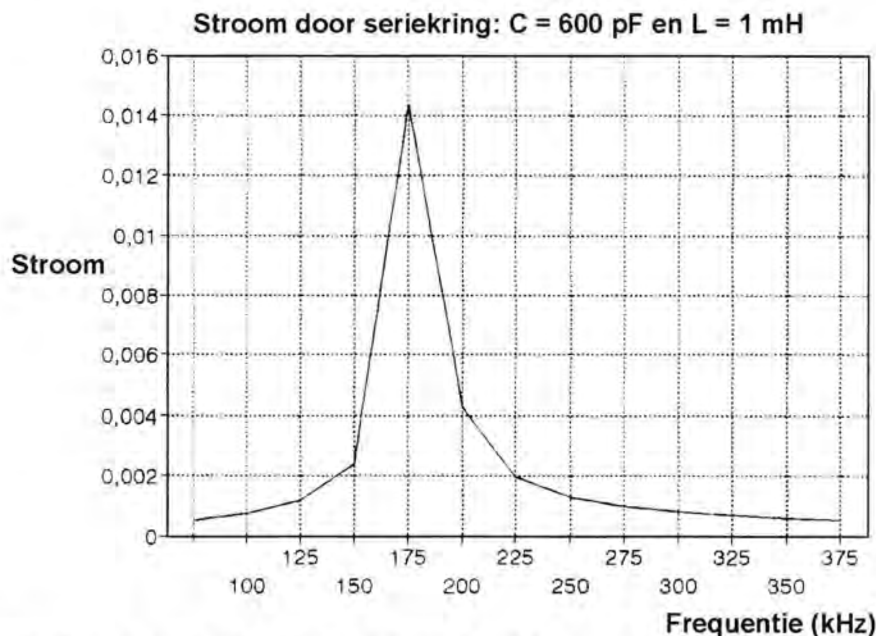
Je ziet dat tot een bepaalde frequentie de stroom door de keten steeds lager wordt. Het lijkt alsof de weerstand tegen de elektrische stroom toeneemt. Op een bepaalde frequentie aangekomen is de weerstand op zijn hoogst.
Theoretisch zou die bij een ideale kring oneindig hoog moeten zijn. De stroom zou dan tot nul moeten afnemen, maar dat gebeurt in de praktijk niet. Er treden nu eenmaal altijd verliezen in de kring op.
Verhogen we de frequentie nu verder dan zal de weerstand van de kring weer afnemen en de stroom ook weer toenemen.
Het punt waarop bij de *parallelkring* de stroom zijn laagste waarde bereikt

en dus de weerstand van de kring het hoogste punt bereikt heeft, noemen we het *resonantiepunt.*
De frequentie waarbij dit verschijnsel optreedt heet daarom de:
resonantie-frequentie.

*Van een parallelkring is de weerstand op zijn **hoogst** op de resonantie frequentie.*

7.1.2 De seriekring en zijn eigenschappen

Bij de *seriekring* is het precies andersom, bij deze kring neemt de stroom juist toe, hij zou voor de resonantie frequentie als een theoretische kortsluiting moeten functioneren. In de praktijk wordt dit ook weer niet gehaald, we proberen het wel zo goed mogelijk te benaderen en zijn daarbij van de gebruikte materialen en constructies afhankelijk.



7
*Fig. 7.04 De stroom door de seriekring neemt **toe** bij resonantie, de kring heeft dan een **lage** weerstand. De spanning over de kring is tijdens de meting constant gehouden.*

De meting is op zelfde manier gedaan als in figuur 7.02 is aangegeven; alleen de parallelkring is vervangen door een seriekring.

*Op de resonantie-frequentie is de weerstand van de seriekring op zijn **laagst**.*

Het is nu nodig om het gedrag van deze spoel en condensator eens apart te bekijken.

7.2 De spoel nader bekeken

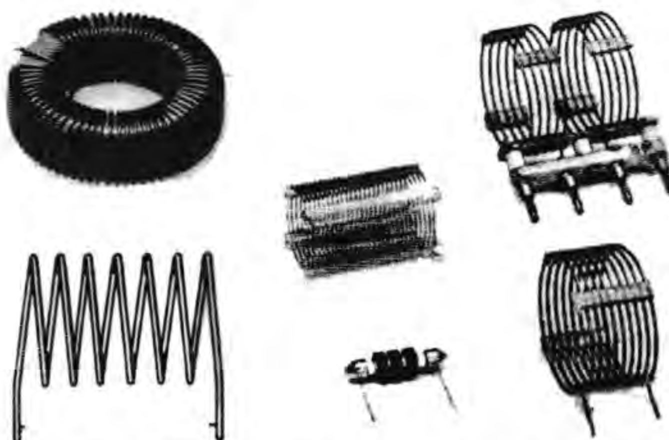


Fig. 7.05 De spoel in diverse gedaanten.

Uit bovenstaande foto is al duidelijk dat de spoel in vele gedaanten voorkomt. Dit heeft te maken met de problemen om een ideale spoel voor een bepaalde toepassing te fabriceren. Eerst maar eens de eigenschappen van de spoel nader bekeken. Je kunt daarvoor een proef doen; de voltmeter dient voor controle of de spanning over de spoel wel constant blijft tijdens de proef:

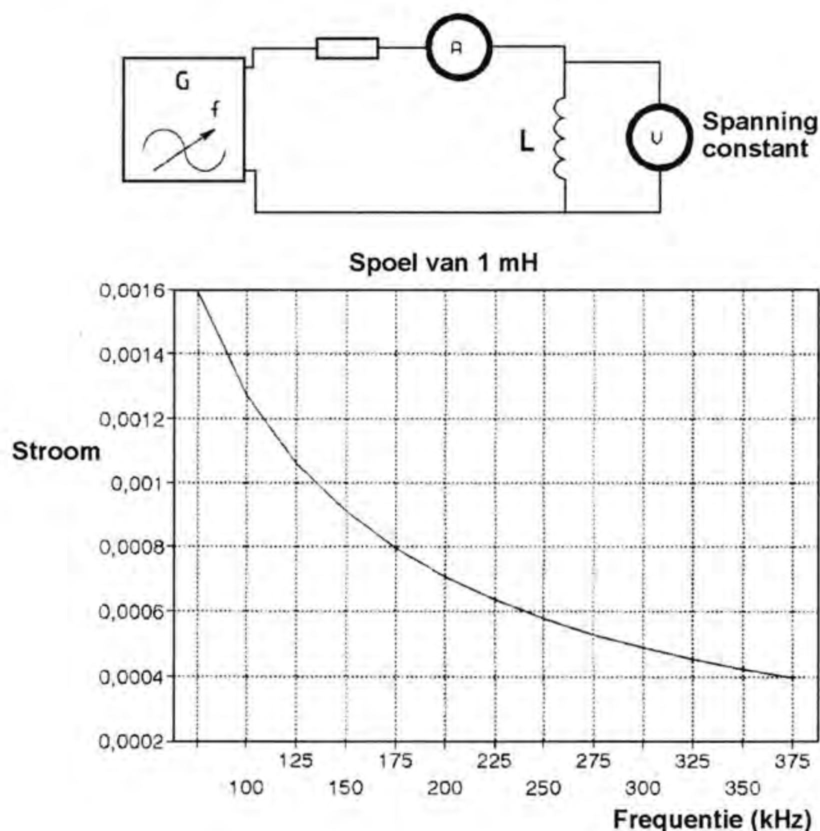


Fig. 7.06 Frequentie omhoog, de stroom neemt af.

Voer je de frequentie van de meetzender of toongenerator op dan zien we dat de stroom naar de spoel afneemt. Met andere woorden: de weerstand van de spoel voor de elektrische stroom neemt toe naarmate de frequentie hoger wordt. Deze weerstand voor de elektrische *wissel*stroom noemen we de *impedantie* van de spoel en geven hem de letter *Z*.

Doen we deze meting met gelijkspanning dan zien we dat de weerstand van de spoel heel laag is. Kennelijk heeft de weerstandstoename te maken met de *soort* van de toegevoerde spanning. De lage weerstand voor de gelijkspanning geven we de letter *R*, en we blijven deze gewoon weerstand noemen. Er zijn mensen die dit de gelijkstroomweerstand van de spoel noemen. Deze weerstand wordt gevormd door de:

- a. *materiaal soort* van de gebruikte draad;
- b. *doorsnede* van de draad;
- c. *lengte* van de draad;
- d. *temperatuur*, deze heeft ook enige invloed.

7

Maar deze laatste vergeten we vaak.
Het is, speciaal voor *wisselstroom*, van belang of een spoel gemaakt is van koperdraad of van zilver. Het blijkt dat zilver de elektrische stroom beter geleidt dan koper. Op zijn beurt is koper weer beter dan bijvoorbeeld aluminium.

Moet je een spoel maken waarbij de draadlengte een rol gaat spelen (zeer veel *windingen*) dan passen we graag een ringkern toe. Je draait dan een aantal windingen om zo een kern en dan blijken er, om hetzelfde effect te verkrijgen, veel minder windingen nodig te zijn. Dus de R zal dan lager uitvallen! Met een simpele ohmmeter, die lage weerstandswaarden kan meten, is deze weerstand te meten.

Ook passen we wel een ringkern toe, indien we verwachten dat het opgewekte magnetisch veld van de spoel invloed op de rest van de schakeling kan hebben. Het grootste deel van het magnetisch veld zal zich namelijk **in** de kern bevinden en er komt dan weinig naar buiten toe. In het geval dat we bang zijn voor beïnvloeding zouden we de spoel ook in een metalendoosje kunnen monteren, we spreken dan over *afscherming*.

Nu nog even terug naar onze meting waar de impedantie (Z) bepaald werd, in deze Z zit dus ook de R van de spoel verweven. Het onderscheid tussen deze twee noemen we de *reactantie* van de spoel en geven dit de letter X_L . De letter L geven we mee om aan te geven dat het een spoel betreft.

Onder deze X_L vallen dus de eigenschappen die de spoel alleen voor wisselspanning heeft. Deze eigenschappen worden gevormd door:

- a. het aantal windingen waaruit de spoel bestaat,
- b. de diameter van de windingen en

• c. de materiaal invloed van het gebruikte kernmateriaal waarom de spoel gewikkeld is

Helaas kun je de Z_L, X_L en R_L niet zomaar optellen maar moet dit als volgt :

$$Z_l^2 = X_l^2 + R_l^2$$

Fig 7.07 Formule voor het berekenen van de impedantie van een spoel

Deze Z noemen we de *impedantie* van de spoel. Bij de uitleg van de reactantie zagen we dat er 2 belangrijke factoren een rol spelen dat zijn de: a. frequentie van de toegevoerde wisselspanning; b. constructie van de spoel (aantal windingen, kern, etc.).

Deze twee geven we de letters respectievelijk f en L. Samen in een formule gevat als volgt:

$$X_l = 2\pi fL$$

Fig. 7.08 Het symbool π (spreek uit als pi) staat voor 3,14 of 22/7.

De zelfinductie is dus afhankelijk van het aantal windingen dat een spoel heeft, de grootte (diameter) van spoel en het eventueel gebruikte kernmateriaal. Door bijvoorbeeld een ferriet kern aan te brengen in een luchtspoel zal de zelfinductie sterk toenemen. Een koperen kern daarentegen zal de zelfinductie licht doen afnemen. Dit komt allemaal door de magnetische eigenschappen van het kernmateriaal.

Rest nog te vermelden dat de eigenschappen van de spoel (L), die we ***zelfinductie*** noemen, in de eenheid ***henry*** wordt aangegeven. We korten deze eenheid af door de letter H te gebruiken.

Maar een spoel van 1 henry is echt een hele grote. Bij VHF en UHF techniek hebben we het over spoeltjes van micro henry's (μH) en de milli henry's (mH) zijn de "grotere" spoelen die voor de kortegolf aan de orde zijn.

Test jezelf:

1. Een spoel heeft een gelijkstroomweerstand van 30 ohm. De X_L wordt op 40 ohm bepaald. Wat is nu de impedantie van deze spoel?
2. Wat wordt de impedantie van deze spoel indien we de frequentie van de wisselspanning een factor 2 verhogen?
3. Een spoel heeft een R van 50 ohm, de impedantie blijkt bij een bepaalde frequentie 130 ohm te zijn. Welke waarde heeft dan de reactantie?
4. Een spoel heeft een reactantie van 1200 ohm, de impedantie blijkt bij die frequentie 1300 ohm te bedragen. Welke weerstand en welke waarde zullen we dan met de ohmmeter meten?
5. Waar hangt de zelfinductie L van een spoel van af?
6. In welke eenheid wordt de zelfinductie L van een spoel uitgedrukt?

7.3 De condensator nader bekeken

De tegenhanger van de spoel is de condensator.
Het lijkt of zijn eigenschappen precies andersom zijn. We lopen deze na: **De weerstand voor gelijkstroom** Enorm hoog, het is een isolator. In de praktijk zeggen we dat deze weerstand oneindig hoog is. Meet maar na met de ohmmeter. Bij het meten aan een *elektrolytische* condensator gaat dit niet helemaal op, want deze condensator heeft **wel** een lekstroom(pje).



Fig. 7.09 Diverse condensatoren. In het midden elektrolytische condensatoren en geheel onderaan een elco in SMD uitvoering 10μF 16V en de bovenaan 220μF 385V.

De weerstand voor wisselstroom

Ga je een wisselspanning op de condensator los laten dan zie je direct een wisselstroom vloeien en naarmate de frequentie hoger wordt, zal deze stroom toenemen.

We doen ook hier een proef, zie figuur 7.10. Ook hier dient de voltmeter ervoor om tijdens de proef een constante spanning over de condensator te handhaven. Een voorbeeld van het resultaat zie je in figuur 7.12.

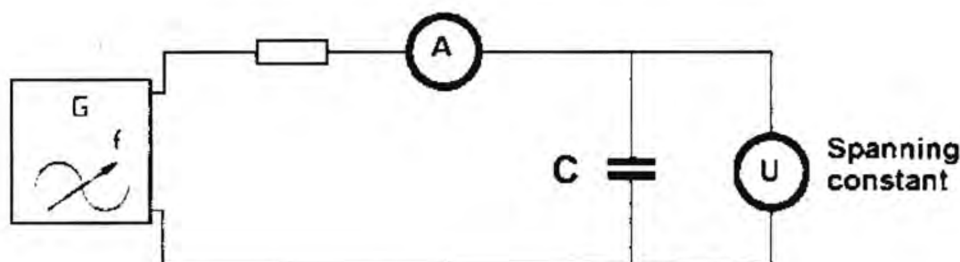


Fig. 7.10 Schakeling voor het meten aan een condensator.

Omdat de elektrische wisselstroom afhangt van de eigenschappen van die condensator en de R eigenlijk zo hoog is dat deze geen invloed heeft, wordt de formule om de *impedantie* te berekenen, voor de meeste condensatoren zeer simpel (niet voor elektrolytische condensatoren).

Deze X_C is te berekenen met behulp van de volgende formule:

$$Zc = Xc$$
$$Xc = \frac{1}{2\Pi fC}$$

Fig. 7.11 Formule voor het berekenen van de impedantie van een condensator.

Waarin f voor de frequentie staat en C voor de waarde van de condensator. In formule schrijven we de c bij de X erbij, zodat we weten dat het op een condensator betrekking heeft en noemen we de X_c: *de reactantie van de condensator.*

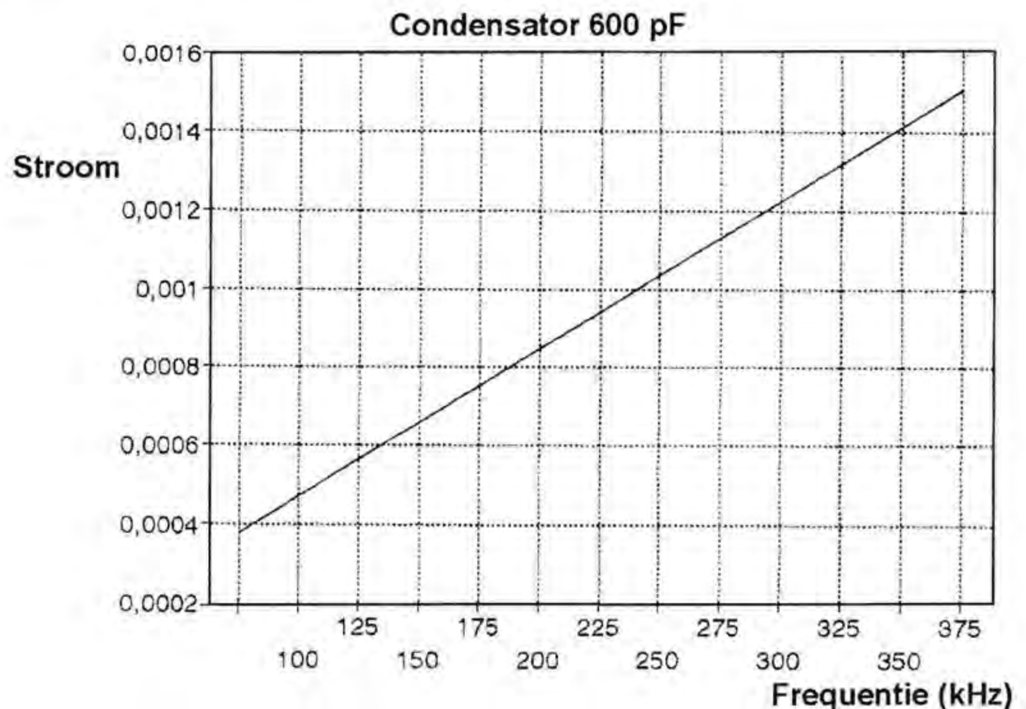


Fig. 7.12 Frequentie wordt hoger, de stroom neemt toe.

In de X_C van de condensator is de eigenschap van de condensator voor wisselstroom verwerkt en hangt samen met :

a. de frequentie van de toegevoerde wisselspanning;
b. de *oppervlakte* van de condensator *platen;*
c. de *eigenschappen van het isolatie materiaal* tussen de platen;
d. de *afstand* tussen de *platen.*

Zo een condensator heeft een bepaalde waarde die we *de capaciteit* noemen en deze wordt uitgedrukt in farad. Aangezien 1 farad (F) zelden gebruikt wordt is het handiger om over *microfarad* te spreken aangeduid met :*μF.* Dit is 0,000001 F (één miljoenste farad).

Meestal is deze eenheid nog te groot en hebben we het over μμF ofwel *pF* en dit staat voor *picofarad.* Omdat het verschil tussen deze eenheden 6 nullen is, hebben we nog een maat er tussen, deze noemen we de *nanofarad*, kortweg: nF. Een condensator van 100 pF komt overeen met 0,1 nF en 1 nF is 1000 pF.

In de loop van deze cursus hebben we een aantal malen met de condensator te maken gehad. Ter afsluiting nog een kort overzicht van een aantal typen, globaal hun waarden (vaak hoe hoger de spanning hoe lager de maximale capaciteit in een bepaalde reeks) en hun toepassing:

elektrolytisch *	10 ... 47000 µF; in voedingen en laagfrequent (eind)trappen;
mica **)	10 ... 1000 pF; in stabiele schakelingen zoals oscillatoren en smalle filters;
lucht (variabel) ***)	in afstemcircuits in ontvanger en zender; waarde 10 tot enkele 100en pF afhankelijk van grootte en plaatafstand.
kunststof (gewikkeld)	0,01 ... 4,7 µF; in lf. en mf. circuits;
kunststof (variabel) ***)	3 ... 100 pF; in afstemcircuits in zender en ontvanger
keramisch	1 ... 47000 pF; in hf. en mf. circuits in zender en ontvanger en heel grote waarden ook wel in lf. circuits

*) Voor lage waarden en lage spanning (tot 40 V) kennen we ook tantaal condensatoren of "solid aluminium" condensatoren.

**) In filters worden tegenwoordig ook vaak kunststof condensatoren met een grote nauwkeurigheid en stabiliteit toegepast.

***) De waarde van een variabele condensator kan worden ingesteld. De condensator bestaat uit een of meer vaste platen en een of meer draaibare platen op een as of schroefinstelling. Als er een as met een knop aanzit spreken we meestal van een *afstemcondensator*. Zit er een schroefinstelling aan, dan noemen hem meestal *trimmer*.

Probeer eens:

1 F = 1 000 000 :F = 1 000 000 000 000 pF.

1. Met andere woorden een condensator van:

4,7 pF = ..	µF = ..	F = ..	nF
22 pF = ..	µF = ..	F = ..	nF
.......pF = ..	0,01 µF = .. .	F = ..	nF
.......pF =	0,47 µF = ..	F = ..	nF

2. Waar hangt de capaciteit van een condensator vanaf?

3. Waarom kunnen we de invloed van de R van de meeste condensatoren verwaarlozen?

4. Hoe groot is de reactantie van een condensator die een waarde heeft van 22 pF bij een frequentie van 400 MHz?

7.3.1 De opbouw van spanning over de condensator

We sluiten een gelijkspanning via een schakelaar op een condensator aan en proberen ons voor te stellen wat er gebeurt.
De batterij heeft een bepaalde spanning en de condensator niet, deze is leeg. We sluiten nu de schakelaar. Er gaat een elektrische lading vanuit de batterij naar de condensator. De condensator zal dezelfde spanning krijgen als die van de batterij, dit laden kost altijd even tijd.

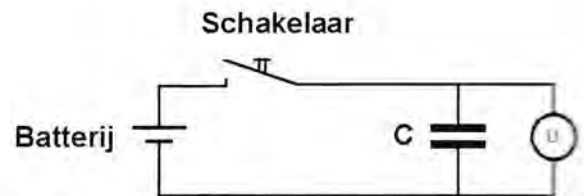


Fig. 7.13 Schakeling voor het opladen van een condensator.

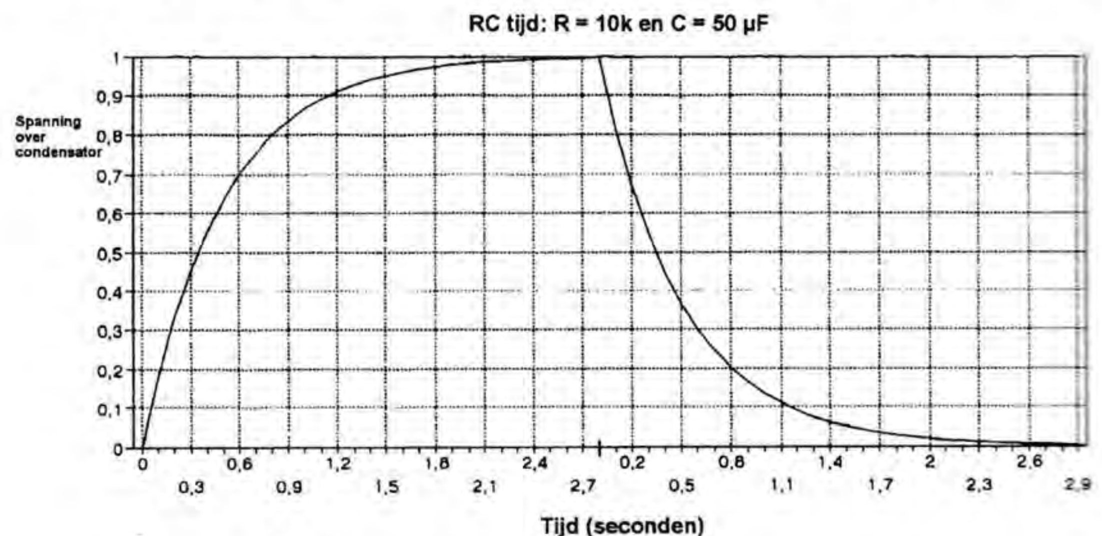


Fig. 7.14 Laden en ontladen van een condensator

Maken we nu de schakelaar open, dan zal de voltmeter nog steeds de spanning aangeven en vervolgens zal de condensator zich langzaam ontladen over de voltmeter, omdat de voltmeter een beetje elektrische stroom doorlaat. Na verloop van enige tijd is de spanning over de condensator weer nul. Met de proef hebben we aangetoond dat de condensator elektrische lading kan opslaan en gedurende enige tijd kan bewaren.

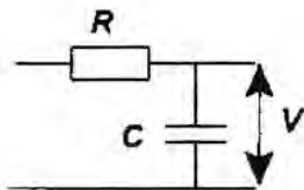
Gebruiken we hoge spanningen, zoals in buizenzenders of in audiovermogensversterkers met elektronenbuizen, dan kunnen condensatoren een levensgevaarlijke spanning bewaren. Aanraken van een geladen condensator kan dan ook zeer gevaarlijk zijn. Daarom verdient het aanbeveling om in zo'n situatie altijd een ontladingsweg aan te brengen in de vorm van een weerstand van bijvoorbeeld 100 kΩ op de condensatorklemmen.

Een andere akelige mogelijkheid is, dat een condensator met grootte capaciteit een dusdanige lading kan bewaren dat er bij kortsluiten van die condensator een *grote vonk* getrokken wordt. Rare persoonlijke schrikreacties kunnen het gevolg zijn.

7.3.2 Het laden van een condensator

Men kan zich nu afvragen hoe de lading van een condensator zich zal gedragen. Het blijkt dat het laden van de condensator afhangt van de mogelijkheden die de elektrische stroom krijgt. In de regel kost het **altijd** tijd om een condensator vol te krijgen. De volgende grafiek toont hoe het verloop van de spanning aan de condensator is. Om dit effect zichtbaar te maken brengen we enige weerstand in de leiding aan, we gebruiken bijvoorbeeld een weerstand van 10kΩ en een condensator van 50µF hiervoor. De elektrische stroom wordt op deze manier laag gehouden. De condensator bouwt langzaam zijn spanning op. Eerst gaat dit snel en naarmate de spanning die van de batterij nadert zal het steeds langzamer gaan. Heeft de spanning van de condensator 66% van de maximaal te halen spanning in een bepaalde tijd bereikt, dan wordt dit *één RC tijd* genoemd.

De RC-tijd uit het voorbeeld is: 10.000 * 0,000 050 = 0,5 sec.



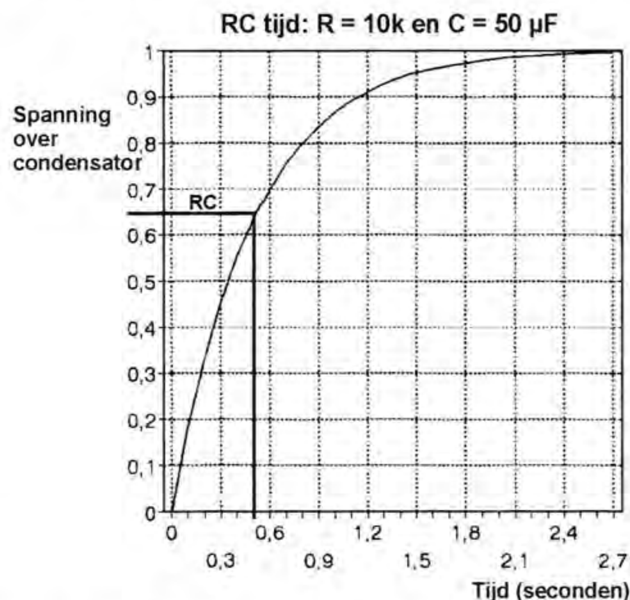


Fig. 7.15 Het opladen van een condensator

De RC-tijd speelt een rol in praktisch alle schakelingen waarbij we iets aan- of uitschakelen in een bepaalde tijd. De condensator wordt geacht geheel opgeladen te zijn na 3 RC tijden.

$$T = R * C$$

T in seconden
R in ohm
C in farad

*Fig. 7.16 Formule voor het bereken van de RC tijd. Het * staat voor vermenigvuldigen.*

7.3.3 Het ontladen van een condensator

Het ontladen gebeurt ongeveer zoals het laden, eerst verloopt het ontladen zeer snel en vervolgens steeds langzamer. Ook hier wordt de term RC-tijd gebruikt. In deze tijd is de condensator voor 66% ontladen tot circa 33% van de waarde van de spanning toen de condensator was opgeladen. Zie de grafiekfiguur.

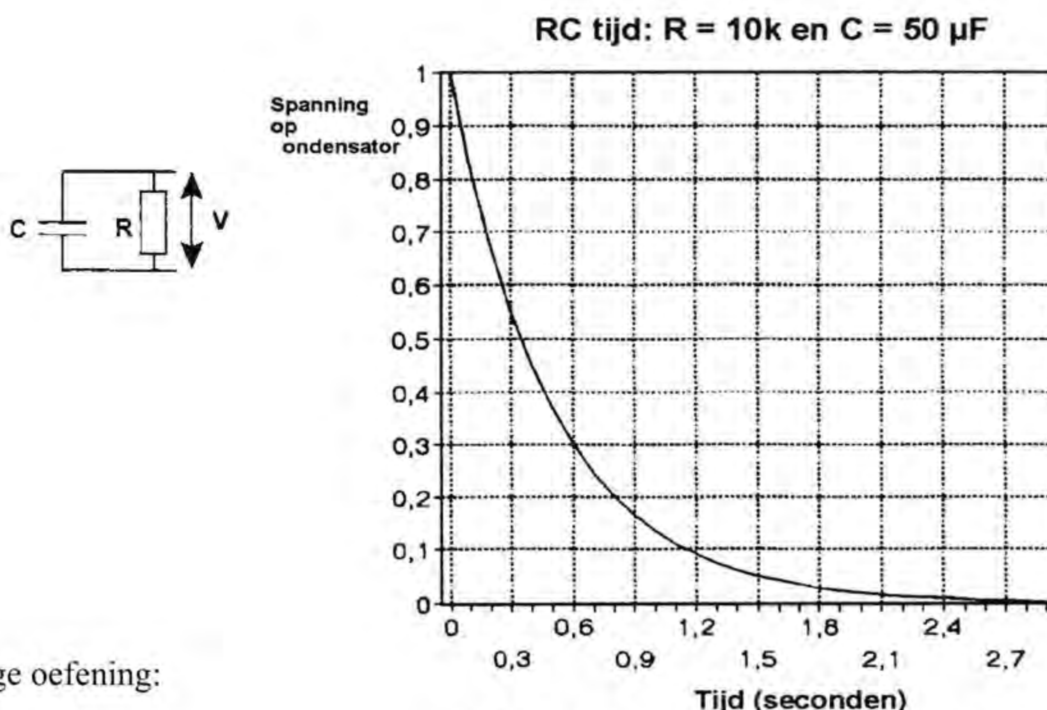


Fig. 7.17 Het ontladen van de condensator.

Enige oefening:

1. Men wil een RC-tijd van 1 seconde maken door middel van een RC schakeling. Men neemt een weerstand van 50 kΩ. Wat voor condensator waarde is er dan nodig?

2. Een condensator van 10 nF wordt met een weerstand van 47 kΩ gebruikt om een RC-tijd te verkrijgen, welke RC-tijd levert deze combinatie op?

7.3.4 R-C oscillator met het i.c 555 [6)]

In veel gevallen maakt men gebruik van het oudere geïntegreerde circuit 555. (geïntegreerde circuit = integrated circuit = i.c.). Dit circuit bestaat uit een aantal transistoren die verschillende functies toebedeeld hebben gekregen. Ook dit circuit werkt met een RC-tijd. De fabrikant geeft dan ook een formule op, die men kan gebruiken om de gewenste tijden te berekenen.
Het gebruikelijke schema is:

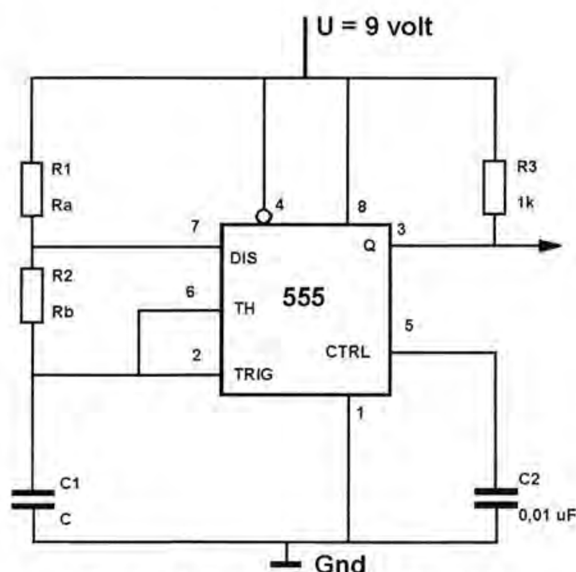


Fig. 7.18 De basisschakeling van het tijdcircuit 555.

Met dit i.c. kan men een blokvormig signaal opwekken. Om steile flanken van het signaal te verkrijgen gebruikt men alleen het steile eerste gedeelte van de RC tijd. Het blokvormig signaal is eigenlijk het steeds omschakelen tussen de voedingsspanning +5 V en de nul van de schakeling. In de digitale techniek zegt men dan het signaal is òf hoog, òf laag. Bij een theoretische blokgolf is er geen tijd nodig om van hoog naar laag te schakelen en omgekeerd, maar praktisch natuurlijk wel.
De tijd dat het signaal hoog is, kan men berekenen volgens de fabrikant met:

$$t_{hoog} = 0{,}693(R_a + R_b) * C$$

Fig. 7.19 Formule voor het berekenen van t hoog.

De tijd dat het signaal laag is, is te berekenen met :

$$t_{laag} = 0{,}693 * R_a * C$$

Fig. 7.20 Formule voor het berekenen van t laag.

[6)] *Schema en tekst horen niet bij de exameneisen. Zij zijn ter illustratie van de leerstof bijgevoegd.*

7

Hieruit volgt dat men ook de tijd tussen laag en hoog kan veranderen. Er

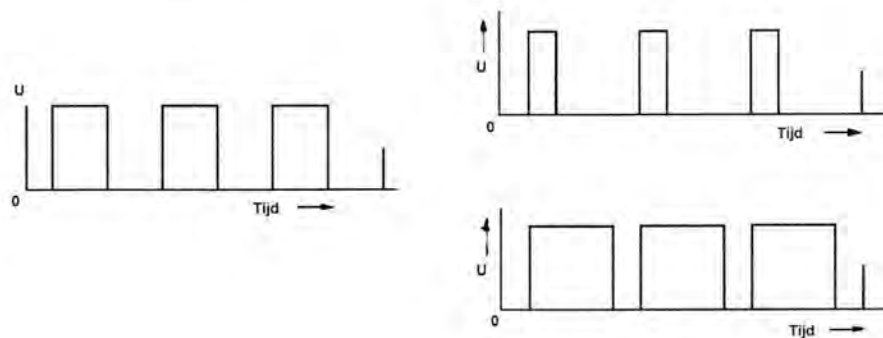


Fig. 7.21 Een symmetrische- en een tweetal asymmetrische blokgolven.

ontstaat dan een asymmetrische blokgolf.

De verhouding tussen het hoog zijn van het signaal en de periodetijd van het complete signaal noemt men de *duty cycle* van het signaal:

$$d.c. = \frac{t_{hoog}}{t_{per}}$$

Fig. 7.22 Formule voor het berekenen van de duty cycle. Hierin is t_{per} de periodetijd.

Test jezelf:
Bereken maar eens welke waarde C1 moet hebben om een blokgolfje van 800 Hz te maken. Neem als stijgtijd 1RC en een waarde voor R van 50 kΩ.

8 Meetinstrumenten en hun toepassing



Fig. 8.01 Enige veel gebruikte meetinstrumenten. Van links naar rechts: Bovenste rij: Digitale multimeter, frequentie teller, oscilloscoop Onderste rij: analoge voltmeter, kunstantenne met ingebouwde vermogensmeter, staandegolfmeter

Hierboven staan enige instrumenten afgebeeld die je misschien al eens hebt gezien. In dit hoofdstuk worden deze en nog enkele andere instrumenten nader bekeken.

8

8.1 De multimeter

Als eerste wordt de multimeter onder de loep genomen. Deze meter wordt ook wel *universeelmeter* genoemd. Ze zijn al te koop voor zo'n €10,-. Vervolgens gaat je blik over de toonbank en zie je multimeters staan voor het tienvoudige van deze prijs. Waar zit het verschil?
Eerst maken we onderscheid in uitvoering van het instrument. De waarde die we meten kan aangegeven worden door een *wijzer* of door een display met cijfers. Soms staat er onder dit display een balk die oplicht naarmate de gemeten waarden hoger wordt. Deze balk noemen we een *bargraph* aanduiding.
Het voordeel van een wijzer is dat je met afregelen van apparatuur **direct** kunt zien of de waarde hoger of lager wordt, dat is ook het gemak van de oplichtende bargraph bij een display, hoewel deze ook nog wel eens traag kan reageren. Toont het display alleen maar cijfers, dan moet je steeds nadenken over het getoonde, je zit je steeds af te vragen of het zojuist getoonde getal hoger of lager is dan het voorgaande! Vergelijk maar 796 met 789 Bovendien duurt het even voordat de nieuwe waarde getoond wordt, dit is zeer hinderlijk. Deze vertraging noemt men de *response time*, wachttijd zouden we beter kunnen zeggen.

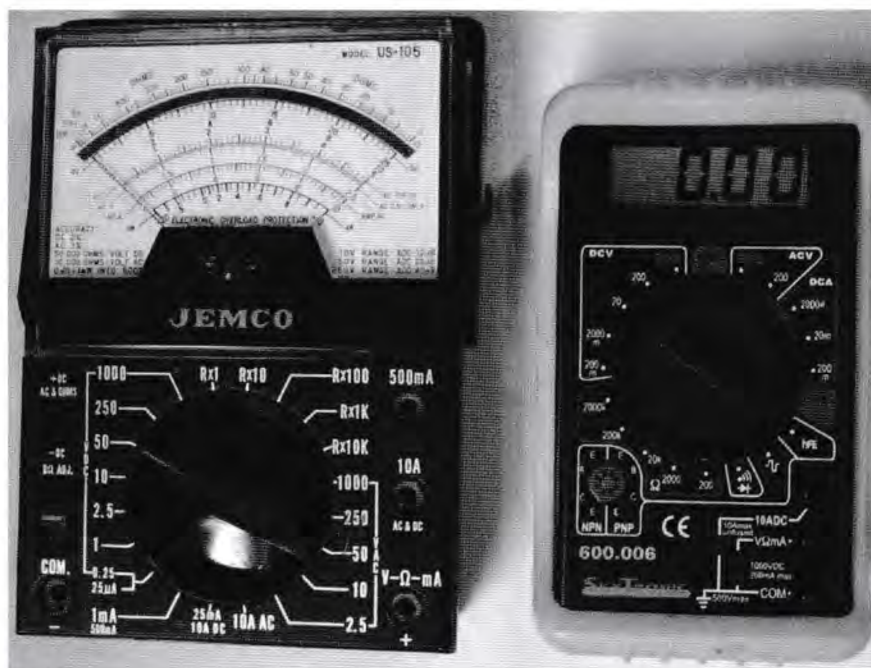


Fig. 8.02 Links een analoge multimeter, rechts een digitale multimeter.

Wil je waarden meten die slechts langzaam veranderen of je wil de waarde van wat je meet nauwkeuriger weten, dan is een instrument met een display in het voordeel. Goedkopere instrumenten hebben dan 3 cijfers en de duurdere hebben er 4.



Fig. 8.03 Duidelijk is de bargraph te zien. Omdat dit een display is van een meter met automatische bereikomschakeling, staat het meetgebied en de spanningsoort in het display vermeld: mV en DC.

Wordt de te meten waarde aangegeven door een wijzerinstrument dan hebben we het over een *analoge meter*.

Het instrument waarvan we een getal aflezen noemen we meestal een *digitale meter*.

8.1.1 De nauwkeurigheid van het instrument

Het aflezen van het instrument
Vaak is het **niet** nodig om de spanning zeer nauwkeurig af te lezen. We willen bij het instellen of afregelen van een schakeling meestal alleen maar weten of het om meer of minder gaat. De meter moet in zo'n geval direct reageren op iedere handeling die we in de apparatuur verrichten. Dit gaat bij digitale meters heel lastig en daarom gebruiken we dan toch liever een naaldinstrument of het snel reagerende lichtbalkje op een duurdere digitale meter.

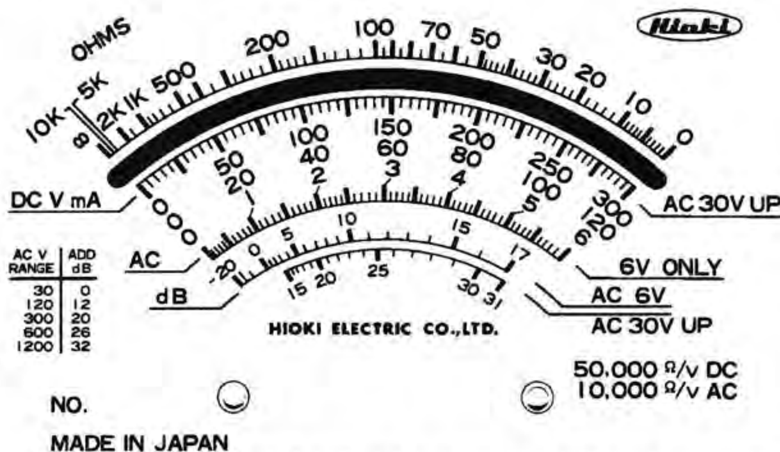


Fig. 8.04 De schaal van een meter met een naaldwijzer met spiegel.

Om de *aflezing* nauwkeuriger te maken hebben de wijzerinstrumenten een zeer smalle wijzer, soms gevormd door een draadje. Ook bevindt zich onder de wijzer een spiegeltje waarin het spiegelbeeld van de wijzer te zien is. Het spiegelbeeld en wijzer moeten bij het aflezen over elkaar heen vallen.
Wanneer de wijzer tussen 2 streepjes in staat, moet je een schatting maken. Dat zal dan een afleesfout veroorzaken. Bovendien moet je je goed realiseren wanneer er op het instrument 5% FS (Full Scale) staat , dat dit 5% van de *volle schaaluitslag* betekent.
Dus staat de schakelaar op 10 V volle uitslag, dan kan de fout altijd plus of min 5% van 10 V = 0,5 V zijn. Dat betekent dat de beginwaarden van de schaal altijd bijzonder onnauwkeurig zijn. Lees je 3 V af, dan is de werkelijke waarde ergens tussen 3 V plus of min 0,5 V. Dus de gemeten waarde ligt tussen 2,5 en 3,5 V. Met andere woorden het heeft geen zin om al te nauwkeurig af te willen lezen. Willen we wel nauwkeuriger aflezen dan zullen we, indien mogelijk, terug in meetgebied moeten schakelen zodat de wijzer zo ver als het instrument toelaat kan uitslaan.

Afleesfouten komen bij een digitaal instrument uiteraard minder voor, we zien simpel een getal van bijvoorbeeld 5,12 V. Toch is ook hier voorzichtigheid geboden. De aflezing is altijd plus of min 1 op het laatste cijfer. Dus de waarde ligt in dit voorbeeld tussen 5,11 en 5,13 V in.

Er zijn ook meters die een andere specificatie hebben. In de bijsluiter lees je bijvoorbeeld:
De *tolerantie* is op alle spanningsbereiken 0,5% plus 2 digits.
De 2 digits betekent dat je op het laatste cijfer een fout van maximaal 2 eenheden kunnen verwachten. Dus lezen we 5,00 V af, dan ligt de werkelijke waarde tussen 4,98 en 5,02 V in. Bovendien hebben we nog een 0,5% tolerantie, dus dat levert ook nog eens een speling op van plus of min 0,0250 V.

Voorbeeld
Stel nu dat de 4 cijferige meter die we gebruiken de volgende schakelstanden heeft: 200 mV, 2000 mV, 20 V, 200 V, 1000 V.
Meten we op een bepaald punt van de schakeling bijvoorbeeld een spanning van 14,578 volt dan geeft de meter in de hier boven genoemde standen achtereenvolgens aan:

0001 dit is een teken dat de gemeten spanning hoger is,
0001 we moeten naar een nog hoger bereik schakelen,
14,57 denk om het laatste cijfer,
014,6 dus al afgerond,
0015 nog verder afgerond.

Conclusie is dan ook, zoveel als mogelijk terugschakelen voor een nauwkeurige aflezing.
Gezien het feit dat in het voorbeeld de schakelstanden steeds met 2 beginnen, duidt er op dat het eerste cijfer alleen maar een 0 of 1 kan zijn! Deze meter noemen we dan ook wel een 3 1/2 cijferig display.
Er zijn nu ook meters in de handel gekomen die een automatische omschakeling kennen. Bovendien zijn ze aansluitbaar op de computer en werd de RS232 (seriële poort) ingang daarvoor gebruikt, op de huidige computers is er alleen nog een USB aansluiting, let daarop bij aanschaf van zo een meter. Met behulp van daartoe geëigende software is de multimeter daarmee tevens een voorschakelapparaat geworden. De gemeten spanning wordt zichtbaar op het beeldscherm van de PC. Uiteraard zijn aan zulk soort opties de nodige kosten verbonden. Je koopt dan een duur instrument maar het is daarmee niet nauwkeuriger! Let altijd bij aankoop van een meter op de specificaties van het instrument en overweeg goed wat echt nodig is.

8.1.2 Gevoeligheid en nauwkeurigheid

Deze twee woorden geven nogal eens aanleiding tot verwarring. **Nauwkeurig** wil zeggen hoe precies een aflezing is. Dat kunnen dus volts of ampères zijn, maar ook micro-ampère of kilo-volt! Kortom *hoe dichter de afgelezen waarde bij de werkelijke waarde* komt, hoe nauwkeuriger een meetinstrument is.

Gevoeligheid wil iets zeggen over het meten van zeer lage waarden van spanning of stroom. Zo is een meter die microvolts kan meten gevoeliger dan een meter die millivolts meet. Maar bedenk dat een meter die gemaakt is voor het meten van microvolts in het geheel *niet nauwkeurig* behoeft te zijn.
Het kan dus zijn dat een meter die een volle uitslag heeft van 10 micro ampère, wat zeer gevoelig is, een tolerantie heeft van 20%, wat zeer onnauwkeurig is.
Zo kan een niet-elektronisch meetinstrument, zoals de simpele analoge meter is, een stroomgevoeligheid hebben van 30 µA en een spanningsgevoeligheid van 60 mV. Dit zijn dan de waarden van stroom en spanning om een maximale uitslag van de wijzer te verkrijgen.

In catalogi en op de meterschaal (fig. 8.04) vindt men wel eens de uitdrukking: de *gevoeligheid is 50.000 Ω per volt*. Wat betekent dat?
Een voorbeeld. Stel dat een meter 60 mV en 30 µA nodig heeft voor een volle uitslag. Je kunt dan uitrekenen hoeveel serieweerstand de meter als systeem moet hebben om bij 1 V aangelegde spanning volle uitslag te vertonen.

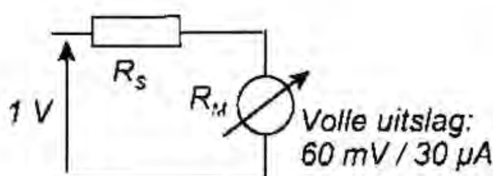


Fig. 8.05 In serie met de meter (RM) wordt een serieweerstand (RS) geplaatst.

8

Bij dit soort wijzermeters is de elektrische stroom altijd de "motor" die de wijzer laat uitslaan. De werking berust namelijk op de kracht dat een stroomvoerend draadje in een magnetisch veld ondervindt.
Om 30 µA stroom te doen vloeien bij een spanning van 1 volt, moet het circuit een totale weerstand R_t hebben van:

$$U = I * R_t$$
$$1 = 30\,\mu A * R_t$$
$$1 = \frac{30}{1000000} * R_t$$
$$R_t = 1 * \frac{1000000}{30}$$
$$Rt = 33\,333\,\Omega$$

Fig. 8.06 Berekening van de totale weerstand voor het meten van 1 V met een draaispoelmeter (volle schaal) van 60 mV / 30 µA.

Afgerond kunnen we stellen dat deze meter een gevoeligheid heeft van *33 kohm per volt*. Van deze meter kunnen we zeggen dat zijn stroomgevoeligheid dus hoger is dan een meter met 20 kΩ per volt. Want om daarmee volle uitslag te verkrijgen is er 50 µA nodig (reken dit na). Aangezien de meter invloed kan uitoefenen op het punt in de schakeling waar we gaan meten, hebben radioamateurs graag een meter met veel ohms per volt.

Elektronische multimeters hebben meestal, omdat ze uitgerust zijn met elektronische versterkers, zeer veel ohms's per volt. Denk daarbij aan waarden van 1 000 000 ohm per volt. Voor een meetgebied van maximaal 10 volt houdt dat dan een waarde van 10 x 1 MΩ = 10 MΩ in!



Fig. 8.07 Voorbeeld van een analoge multimeter met zijn specificaties. Op de meterschaal staat een en ander vermeld.

Op de meterschaal van figuur 8.07 staat:

Accuracy: DC 2 %, AC 3%, FS

DC: 50.000 ohms/volt
AC: 10.000 ohms/volt

Electronic overload protection
shockproof movement
0 dB = 1 mW over 600Ω
10 V bereik is 12 dB
50 V bereik is 26dB
Let op: Voor het meten van een hogere stroom is een speciale aansluiting gemaakt, hier 10A

Vragen:

1: Op de meter van fig. 8.07 komt de stand 2,5 V voor. Hoeveel weerstand heeft deze meter voor DC?

2: In de AC stand 50 V heeft deze meter een weerstand van ?

3: Gemeten wordt 8V DC. Tussen welke waarden kan de gemeten spanning dan liggen?

8.1.3 Andere fouten bij het meten

Je moet je goed realiseren dat je meestal gaat meten in een werkend apparaat. Het betekent dat je met je meetsnoer aan een bepaald punt in de schakeling gaat zitten meten, hetgeen inhoudt dat er invloed uitgaat van de meetsnoeren die als antenne werken of andere invloeden uitoefenen, zoals een capaciteit vormen naar massa of andere snoeren.
Wanneer een meetsnoer signalen in een schakeling importeert, dan is het goed foute boel. Je weet immers dan niet wat je zit te meten. De oplossing kan zijn een coaxiaal uitgevoerd meetsnoer te gebruiken, maar daarmee introduceer je wel dat er op het meetpunt een vrij grote capaciteit wordt geplaatst. Immers een coax kabeltje met zijn uitstekende isolatie tussen mantel en binnendraad is een prima condensator.
Verder kunnen er problemen ontstaan doordat meetsnoeren elkaar onderling beïnvloeden. Zo kan er een fout ontstaan doordat je 2 multimeters gebruikt en deze op geheel verschillende punten in een schakeling aansluit. De twee meetsnoeren vormen een condensator, waardoor er signaaloverdracht van hoogfrequente signalen van het ene naar het andere snoer kan plaats vinden.

8.2 De multimeter nader bekeken

Figuur 8.07 Toont een omschakelbare meter. Met deze meter kun je gelijk- en wisselspanning en gelijk- en wisselstromen meten. Ook is een weerstandsmeting mogelijk. Vaak is het ook nog mogelijk om transistoren door te meten. Daarom heet deze meter: multimeter.
Aangezien het daarin gebruikte meetinstrument een zeer laag vermogen nodig heeft om zijn werk te kunnen doen, betekent het dat er aanpassingen gemaakt moeten worden om hogere spanningen en grotere stromen te kunnen meten. Daarom beschikt zo een universeelmeter over een schakelaar waarmee we de verschillende meetbereiken kunnen instellen.

In de volgende paragrafen zul je zien hoe dit in zijn werk gaat. We gaan daarbij uit van de volgende uitgangspunten:
- Met *meetsysteem* bedoelen we puur het metertje zelf, zonder weerstanden of wat ook.
- Het meetsysteem, bijvoorbeeld van een door jou op een verenigingsavond gekocht metertje, blijkt een **volle uitslag bij 0,1 mA** te hebben en daarbij staat dan een **spanning van 150 mV** over het systeem.

Eerst willen we hogere spanningen meten en daarna grotere stromen. Zo'n meter kun je zelf bouwen. Je kunt meerdere bereiken maken, voor ieder bereik een stekkerbusje of een stand op een omschakelaar. Maar eerst hoe bereken je dat?

8

8.2.1 Het meten van hogere spanningen

Stel dat je het hierboven genoemde meetsysteem (0,15 V / 0,1 mA) wil aanpassen, zodanig dat we bij 5 volt volle uitslag hebben. Er moet dan met het meetsysteem een weerstand in serie geschakeld worden die de hogere spanning voor zijn rekening neemt.

We kunnen dit als volgt berekenen:
De stroom door het meetsysteem is 0,1 mA voor volle uitslag. Aangezien we bij *volle uitslag* 5 volt willen meten, moeten we er voor zorgen dat deze 0,1 mA nooit overschreden wordt.

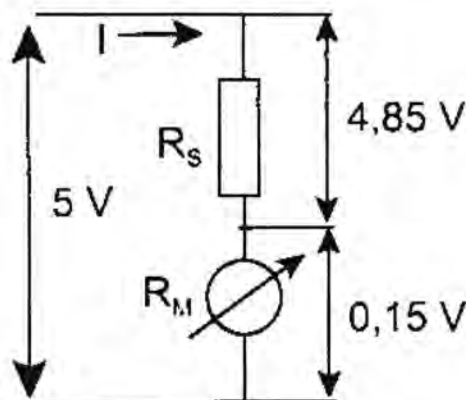


Fig. 8.08 Een meetsysteem uitbreiden voor het meten van hogere spanning.

De weerstand in de totale keten **moet** dan zijn:

$$U = I * R$$
$$5 = 0{,}0001 * Rt$$
$$R_t = \frac{5}{0{,}0001} = 50.000\Omega$$

Fig. 8.09 Berekenen van de totale weerstand (Rm+ RS) voor 5 V volle schaal met een 0,1 mA meter.

De meter zelf een weerstand heeft van 1.500 Ω.
Reken maar na: R = U/I = 0,15 / 0,0001 = 150 / 0,1 = 1.500 Ω.
De in serie te schakelen weerstand (R_S) moet dus zijn:
50.000 - 1.500 = 48.500 Ω

We noemen deze weerstand de *voorschakelweerstand*. Wat je ook wil meten met dit meetinstrumentje, er zal altijd 0,1 mA nodig hebben om voluit te slaan. Op deze manier kun je dus zelf je meetgebieden bepalen. Om aan een weerstand van 48.500 Ω te komen zal je hem uit diverse in de handel voorkomende weerstanden kunnen samen stellen.

Bereken zelf eens:

1. Hoe groot moet de voorschakelweerstand zijn, voor het meetsysteem uit het voorbeeld, indien we een volle uitslag bij 20 volt willen hebben?
2. Bereken de voorschakelweerstand voor een spanning van 100 volt, voor het meetsysteem uit het voorbeeld.

8.2.2 Het meten van grotere stromen

Meestal wil je ook grotere stromen dan 0,1 mA meten. Want deze stroom van 0,1 mA is erg weinig. Stel dat we met het meetsysteem, uit het voorbeeld, een stroom van maximaal 10 mA willen meten. We moeten dan het teveel aan *stroom* omleiden:
Immers door de meter zelf mag niet meer dan 0,1 mA.

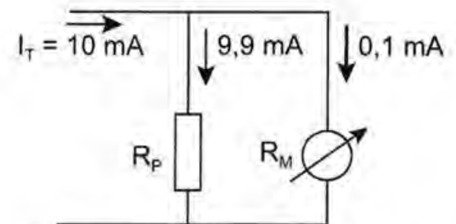


Fig. 8.10 Het teveel aan stroom wordt omgeleid door de weerstand

Op de klemmen van dit systeem staat dan in dit voorbeeld 150 mV. Gaat er meer stroom doorheen dan slaat de wijzer tegen de stuitnok aan en een kromme wijzer kan het gevolg zijn.

Er moet een stroom van 10 - 0,1 mA omgeleid worden, dat is 9,9 mA. De berekening van de parallelweerstand wordt als volgt:

$$U = I * R$$
$$0,150 = 0,0099 * R_p$$
$$R_p = \frac{0,150}{0,0099} = \frac{1500}{99} = 15,15\Omega$$

Fig. 8.11 Berekenen van de shuntweerstand voor het meten van 10 mA met een meter (volle schaal): 150 mV / 0,1 mA.

Er moet dus een weerstand van 15,15 ohm parallel aan het meetsysteem worden geplaatst. We noemen deze weerstand een *shuntweerstand*.
Willen we nog grotere stromen meten dan zal deze shuntweerstand van 15,15 Ω snel kleiner worden.

Probeer maar:

1. Reken na wat de waarde van deze weerstand moet zijn indien we 1 ampère willen meten bij volle uitslag.
2. Bereken de benodigde shuntweerstand voor een meetgebied van 100 mA.

8

Je zult aan een zeer lage waarde komen. In de berekening kwamen we uit op 151,1 ohm. Dit is nauwkeurig berekend. Stel dat we een weerstand van 150 Ω nemen. Wat voor fout maken we dan? 1% van 151 is 1,51 Ω. Aangezien we er 1 Ω afnemen is de gemaakte fout kleiner dan 1% ! Dit is minder dan de breedte van de punt van de wijzer. Dus dit is zeker toegestaan.

8.2.3 Het meten van wisselstroom en -spanning

Zoals we al hebben gezien kunnen we met de "kale" draaispoelmeter die in de paragrafen hiervoor werd besproken, alleen maar een gelijkstroom (DC = Direct Current) meten. De universeelmeters die we in de praktijk gebruiken zijn echter nagenoeg allemaal ook in staat om wisselstroom en wisselspanning (AC = Alternating Current) te meten. Hoe kan dat?

Door toepassing van vier dioden in een brug-schakeling, zoals is aangegeven in figuur 3.5, kunnen we de toegevoerde wisselspanning gelijkrichten, dat wil zeggen omzetten in een gelijkgericht signaal, volgens figuur 3.9. Deze gelijkgerichte spanning wordt vervolgens toegevoerd aan de gelijkstroommeter. Deze zal dan uitslaan tot de gemiddelde waarde van het gelijkgerichte signaal. Door de meter op een bepaalde manier te ijken (spannings- en stroomaanduidingen op de schaal) wijst deze in de stand wisselspanning of – stroom (AC bereik = Alternating Current) de **effectieve** waarde van hiervan aan. De effectieve waarde van een sinusvormige wisselspanning is 0,7 x de topwaarde.

De gemiddelde universeelmeter is absoluut ongeschikt voor het meten van hoogfrequent signalen. Ze meten hoogstens tot enkele tientallen kHz'en. Er zijn wel digitale meters die ook hogere frequenties kunnen meten, maar bij heel hoge frequenties (boven de tientallen MHz'en) zullen de aansluitsnoeren problemen gaan geven door hun capaciteit en hun zelfinductie (zie paragraaf 8.1.3).

8.2.4 Het meten van weerstand

Omdat in de elektronicaschakelingen veel weerstanden worden gebruikt, wil men ook wel eens controleren of de weerstandswaarde nog wel correct is. In de hiervoor besproken universeelmeters heeft de instelschakelaar minstens twee standen waarbij het mogelijk is de weerstandswaarde te meten. Om dit te bewerkstelligen bevat de universeelmeter een batterij. Het principe:

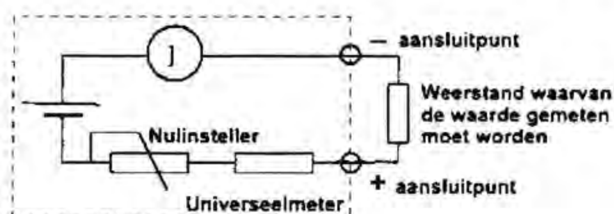


Fig. 8.12 Principe van weerstandsmeting met een universeelmeter.

Sluiten we géén onbekende weerstand aan, dan zal er **geen** stroom door het circuit vloeien en de meter zal geen enkele uitslag vertonen. Je zegt dan dat de weerstand oneindig hoog is. Sluiten we de aansluitklemmen kort, dan zal de meter nul ohm moeten aanwijzen. Is dit niet het geval dan kunnen we met de nulinsteller dit bewerkstelligen. Lukt dit niet meer dan is de batterij aan zijn einde gekomen. Sluit je de onbekende weerstand aan, dan zal deze de stroom in het circuit bepalen en daarmee de meteruitslag. Het circuit kan veranderd worden om meer meetbereiken te verkrijgen, zodat het gemakkelijker is om weerstanden met een hoge waarde op de schaal beter af te lezen.

8.2.5 De invloed van de meter op de meting

Er is nu geconstateerd dat de multimeter zelf ook spanning en stroom nodig heeft om uit te slaan. Dat betekent dat de meter invloed zal uitoefenen op de schakeling waarin gemeten wordt. We geven een voorbeeld: Stel je wilt de spanning meten op een knooppunt van 2 weerstanden, respectievelijk 20 en 30 kΩ, die zijn aangesloten op 5 volt.

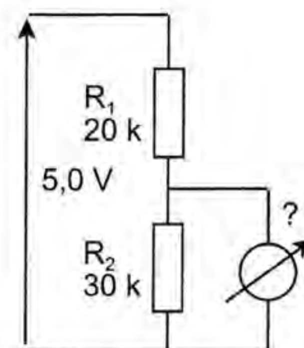


Fig. 8.13 Hoeveel spanning meet je?

Het meetinstrument uit voorgaand voorbeeld gebruiken we opnieuw. Dus opgebouwd voor 5 V volle uitslag; er vloeit dan een stroom van 0,1 mA. Zie het schema in figuur 8.13. Het totale metercircuit heeft dus een weerstand van 50 kΩ. (Zie de hiervoor de berekening in figuur 8.9).

Zonder de meter aan te sluiten (in a.) kunnen we uitrekenen wat de spanning op het knooppunt is. Daarna (in b.) berekenen we welke invloed het aansluiten van de meter zal hebben.

a. We berekenen de stroom door de weerstanden en de spanning over R2:

$$U = I * R$$
$$5 = I * (20.000 + 30.000)$$
$$I = \frac{5}{50.000} = 0{,}0001\,A$$

De spanning over 30 kΩ = R_2 is dan :

$$U = I * R$$
$$U = 0{,}0001 * 30.000 = 3 \text{ volt}$$

Fig. 8.14 Berekening van de spanningsdeling uit figuur 5.11.

Je kunt dit ook beredeneren als volgt: 5 V staat over 20 + 30 kΩ. Dus over 10 kΩ staat 1/5 van de spanning, dus 1 V. Over de weerstand van 30 kΩ staat dus 3x zoveel, 3 V. Theoretisch moet de meter dus **3 volt** aanwijzen.

b. Nu ga je de meter aansluiten en bereken je wat de gevolgen zijn. Omdat het metercircuit een 2e weg gaat vormen voor de stroom, zal deze stroom in zijn totaliteit toenemen en dit heeft natuurlijk gevolgen voor de spanning in het knooppunt.

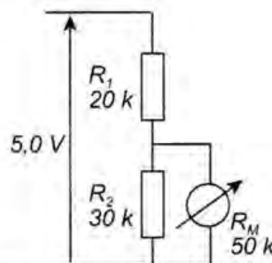


Fig. 8.15 De meter is aangesloten.

De stroom komt uit de spanningsbron van 5 V en vloeit door 20 kΩ en verdeelt zich vervolgens door R2 (30 kΩ) en RM (50 kΩ = de weerstand die de meter heeft). Deze twee weerstanden staan *parallel.*

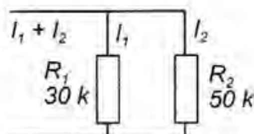


Fig. 8.16 Twee weerstanden parallel.

We kunnen ons een vervangende weerstand denken van 30 k // 50 k = ? De 2 streepjes // betekenen dat de 2 weerstanden een parallelschakeling vormen.
Hoe bereken je dat?

8

We kunnen de meterweerstand en de weerstand van 30kΩ vervangen door één denkbeeldige (vervangings)weerstand. Dit om het rekenwerk te vergemakkelijken.
Zo'n denkbeeldige weerstand geven we meestal de aanduiding R_v. De letter v staat voor *vervangingswaarde*.
Wanneer je een tweede stroomweg aanbrengt die parallel aan de eerste ligt dan zal de totale stroom toenemen. Je kunt zeggen dat de geleidbaarheid voor de elektrische stroom groter wordt. In de elektrotechniek onderscheiden we twee begrippen die hiermee verband houden, te weten:

- De **weerstand**. Hiervoor worden de letters R, Z en X gebruikt.
- De **geleidbaarheid**. Dit is het omgekeerde begrip van weerstand. Hiervoor worden de letters G en Y gebruikt.[7])

Nu is $R = 1/G$ *of* $G=1/R$ *en* $Z = 1/Y$ *of* $Y = 1/Z$

R wordt aangegeven in ohm (Ω). G wordt aangegeven in siemens (S). In Amerika wil men nog wel eens het omgekeerde van de ohm gebruiken, dus mho en millimho.

Terug naar de parallelschakeling. De geleiding van de schakeling wordt:

$$G_1 + G_2 = Gt \text{ ofwel } 1/R1 + 1/R2 = 1/R\ v$$

Bereken nu de parallelschakeling van de 30 kΩ en de meter van 50 kΩ:

G1 + G2=
1/30000□□ + 1/50000□ =
8/150 milliSiemens =
omgezet:
150/8 = 18,75 kΩ

De berekende waarde van 18k75 geven we de letters R_v, de v staat voor vervanging.
De weerstand van 30 k en de meter vormen nu dus samen een weerstand van 18k75. Deze 18k75 staat in serie met de weerstand van 20k.

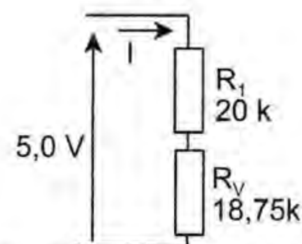


Fig. 8.18 R_v staat in serie met R_1.

De totale weerstand die eerst (20k+30k) **50k** was verandert nu, door het aansluiten van het meetinstrument, in: 20k + 18k75 = **38k75**.

[7]) Voor de duidelijkheid: de letters R en G zijn voorbehouden voor gelijkstroom gegevens. De letters X, Z en Y worden gebruikt indien er sprake is van wisselstroom.

Door het aanbrengen van het metercircuit wordt de stroom door de weerstand R1 van 20k **groter**. De stroom door de weerstand van 20k wordt nu:

$$U = I * R$$
$$U = I * (R1 + R2)$$
$$5 = I * (20 + 18{,}75)$$
$$5 = I * 38k75$$
$$I = 5/38k75 = 5/38750 = 0{,}000129\ A = 0{,}129\ mA$$

Fig. 8.19 Berekening van de totale stroom die na het aansluiten van de meter gaat vloeien.

De stroom door de meter *en* de weerstand van 30k samen is gelijk aan de stroom door de weerstand van 20k. Over de meter **en** de weerstand van 30k komt nu een spanning te staan van:

$$U = I * R$$
$$U = 0{,}000129 * 18k75$$
$$U = 2{,}41\ V$$

Fig. 8.20 Berekening van de spanning over de meter.

Zonder de meter is de spanning 3,0 V. Je meet nu echter maar een waarde van 2,41 V. De spanning die je meet is fors **te laag**. Er is een **veel te grote** meetfout. Conclusie: **de gebruikte meter is geheel ongeschikt.**

8

De oplossing is een meter te gebruiken die een **veel hogere** weerstand heeft. Daarom zijn de *elektronische-voltmeters* voor dit soort metingen beslist noodzakelijk. De te meten spanning of stroom wordt in dit soort instrumenten eerst via een heel hoogohmige weerstandsdeler verzwakt naar een vaststaande lage waarde, vervolgens een vast aantal malen versterkt en naar een wijzerinstrument gevoerd. Aangezien we de elektronica zo kunnen maken dat er vrijwel geen energie opgenomen wordt uit de te meten schakeling, treedt deze besproken meetfout dan daar niet meer bij op. De weerstand van zo een meter kunnen we dan ook op zo een 10 MΩ tot 50 MΩ stellen!

8.2.6 De digitale universeelmeter

Bij de digitale universeelmeter, die ook wel een *elektronische-multimeter* genoemd wordt, treedt de stroom- en spanningsbeïnvloeding van de schakeling, zoals hiervoor besproken, nagenoeg niet op. Voor het spanningsbereik is er een serieschakeling van weerstanden met zeer hoge waarden (vele MΩ's). Hierop wordt via een schakelaar een versterker met eveneens een hoge ingangsweerstand aangesloten.

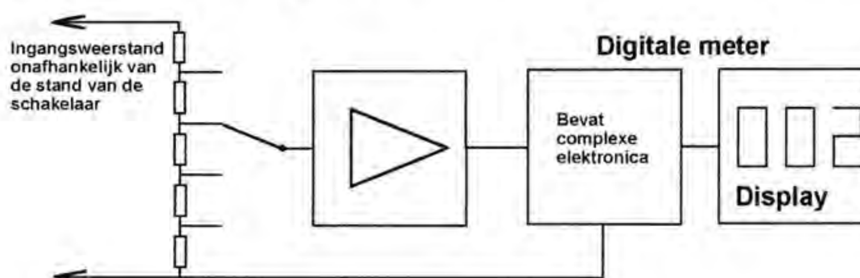


Fig. 8.21 De ingangsweerstand van deze meter is zeer hoog en hetzelfde voor alle meetbereiken.

De gemeten waarde wordt direct door een getal weergegeven.
Pas echter op met het meten van wisselspanningen en stromen van *hogere frequenties!* Het kan zijn dat door de opbouw (schakelaar en bedrading) en gebruikte onderdelen de meter het bij 10 kHz al laat afweten.

Nog een paar vragen over multimeters:

1. Is de bargraph een analoge of een digitale aflezing?

2. Een voltmeter heeft 20 µA nodig om vol uit te kunnen slaan, daarbij is 50 V nodig. Hoeveel weerstand is in het meetcircuit aanwezig om dit voor elkaar te krijgen? Hoeveel ohm per volt levert dit op?

3. Je bezit 2 meters: A heeft een volle uitslag van 100 mV en een tolerantie van 2% FS. Meter B heeft bij 1 V volle uitslag en heeft een tolerantie van 1% FS. Vraag is: welke is het gevoeligst en welke het nauwkeurigst van de twee?

4. Twee weerstanden staan parallel geschakeld, de waarden bedragen 20 en 40 ohm. Hoe groot is de totale geleiding en het "omgekeerde" ervan, de vervangingsweerstand?

8.3 Meetkoppen

Om de multimeter voor meer meetgebieden uit te breiden worden meetkoppen gebruikt. Zo bestaat er een:

- **hoogfrequent** meetkop: voor het meten van hoogfrequent spanningen;
- **millivolt** meetkop: voor het meten van zeer lage spanningen.
- **hoogspanning** meetkop: voor het meten van (zeer) hoge spanningen;

8.3.1 Hoogfrequent meetkop

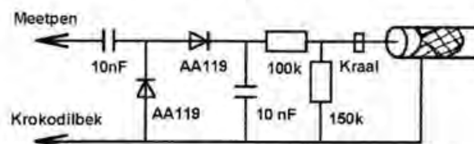


Fig. 8.22 De te meten wisselspanning wordt in de meetkop gelijkgericht.

Om toch wisselspanningen van hogere frequenties te kunnen meten gebruiken we een h.f. meetkop. Deze meetkop wordt via een soepele coaxkabel met de aansluitklemmen van het eigenlijke meetinstrument verbonden.

De h.f. meetkop bevat een gelijkrichtschakeling, gemaakt met een diode en een paar weerstandjes. In feite wordt de maximale waarde van de wisselspanning dan aangegeven. Dit wordt gecorrigeerd door de weerstanden van 100 en 150 kΩ, zodat de waarde die afgelezen wordt, overeenkomt met de *effectieve waarde* van een sinusvormige wisselspanning.

In het getoonde schema fig. 8.22 van een h.f. meetkop is gebruik gemaakt van de spanningsverdubbeling schakeling. Achter de diodeschakeling meet je hier dus een spanning die gelijk is aan tweemaal de maximale waarde van de wisselspanning min het spanningsverlies in de diodes zelf. Men gebruikt meestal germanium diodes, deze hebben een lage drempelspanning.

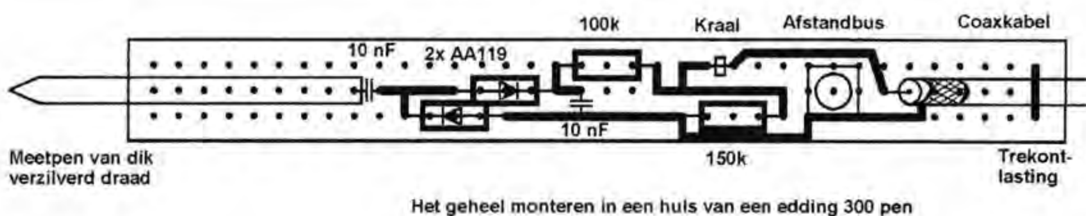


Fig. 8.23 Zelfgemaakte h.f.meetkop op Veroboard. Te plaatsen in een metalen koker van bijvoorbeeld een eddingstift.

8.3.2 Millivolt meetkop

Het kan ook zijn dat men zeer lage waarden van een wisselspanning wil meten. Dan gebruiken we een meetkop met een versterker erin. De wisselspanning wordt dan eerst versterkt en over de meetkabel naar het instrument gevoerd. De meetkop zorgt ervoor dat het versterkte signaal op het meetsnoer veel minder beïnvloed kan worden door ruis en andere stoorsignalen.

Een nadeel is dat men in de h.f. meetkop dan een batterij moet aanbrengen om het versterkertje te voeden. De voeding kan ook via draden in een meeraderige kabeltje, de kabel wordt dan weer zwaarder en minder soepel.

8.3.3 Hoogspanning meetkop

Het kan ook zijn dat men juist zeer hoge spanningen wil meten, in een oude TV bijvoorbeeld of een oscilloscoop. Denk dan aan een paar kilovolt. In dat geval zouden we veel te dikke meetsnoeren moeten gebruiken omdat er een veel te dikke laag isolatie om het snoer heen moet. We brengen dan de spanning omlaag door een spanningsdeler.

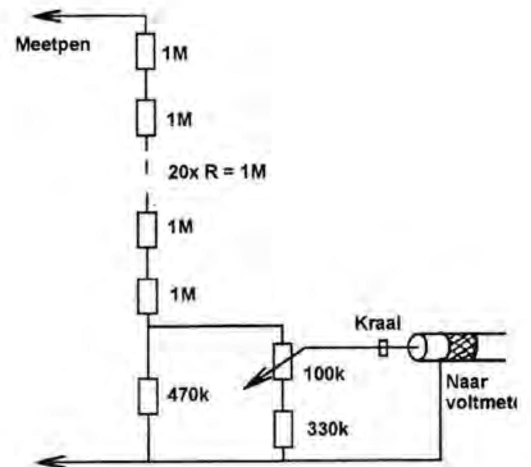


Fig. 8.24 Meetkop voor (zeer) hoge spanningen.

De verlaagde spanning wordt dan naar het meetapparaat gevoerd. De meetkop moet dan ook, vanwege de veiligheid, zeer zorgvuldig en goed geïsoleerd zijn uitgevoerd.
Ook de daarin gebruikte weerstanden moeten aan hoge eisen betreffende de doorslagen overslagspanning voldoen.

Het meten aan hoge spanningen (hoger dan 60 volt) moet, wegens het daaraan verbonden levensgevaar, voor nieuwkomers worden ontraden!!!

Een praktische uitvoering werd in Electron van juni 1994 beschreven. Het volgend figuur toont de opbouw:

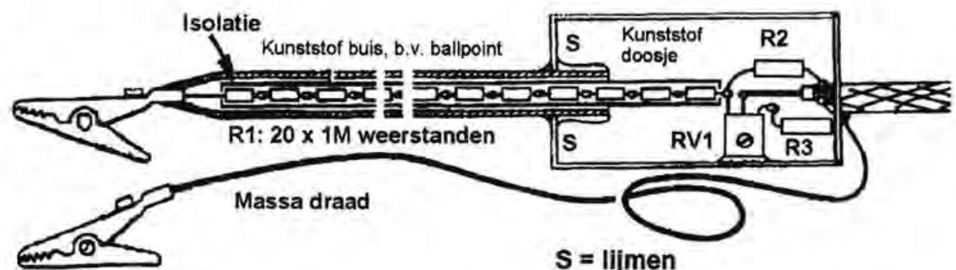


Fig. 8.25 De praktische opbouw van een hoogspanning meetkop.

8.4 De frequentieteller



Fig. 8.26 De frequentiemeter.

De frequentieteller is een geheel elektronisch werkend apparaat. Er zijn grote verschillen in prijs en mogelijkheden. De belangrijkste eigenschappen worden besproken.
Een frequentieteller telt het aantal aangeboden pulsen uit een schakeling. Dit kunnen we over een bepaalde tijd doen. Nemen we als tijd 1 seconde, dan lezen we dus de frequentie af (frequentie is immers het aantal trillingen per seconde). Veelal meten we echter in een veel kortere tijd (poorttijd) en wordt het gemeten aantal pulsen door de inwendige elektronica omgerekend naar een seconde. Het display geeft dan gedurende enige tijd deze waarde aan.
Nadeel is dus dat je niet kunt constateren of het signaal wel constant deze frequentie afgeeft. Het signaal kan een korte variatie hebben in de tijd die gebruikt werd om te meten, maar ook daarna. Met andere woorden over de stabiliteit van het gemeten signaal kan weinig gezegd worden.

8

Voordeel van de frequentieteller is dat het gemeten signaal meestal in minstens 6 cijfers of meer op een display bekend wordt gemaakt. Bedenk wel dat de afgelezen waarde altijd + of - één digit op het rechtse cijfer is. Maar daarnaast heeft de meting ook nog een tolerantie, veroorzaakt door onnauwkeurigheid van de poorttijd.

Stel dat we een display van 6 cijfers hebben. De hoogst afleesbare frequentie is dan 999 999 Hz. Stel daarbij dat we een frequentie van 635 725 meten.
Zetten we poorttijd op 0,1 in plaats van 1, dan zal het display 063 572 aangeven.
De meetfout van + en - 1 digit wordt dan 10x zo groot. De meter kan dan 063 573 aangeven. Daarom ook hier liefst zoveel als mogelijk het gehele display gebruiken. Nadeel is dan dat de poorttijd wat langer wordt.

Een tweede punt wat goed in de gaten moet worden gehouden is, dat de teller werkt op een bepaalde waarde van de aangeboden spanning. Van het te meten signaal wordt in figuur 8.27, als voorbeeld, gedurende de poorttijd op drie verschillende spanningsvormen gemeten, tekening 1, 2 en 3.

Op twee niveaus A en B worden de pulsen gemaakt die vervolgens in de logica verwerkt worden.
Tekening 1: Bij niveau B wordt juist gemeten. Er is één puls per periode.
Kijk je nu naar tekening 2, dan zie je als het signaal de waarde A overschrijdt de topjes van het signaal gemeten worden, de teller zal dan een juiste waarde aangeven. Wordt er bij de waarde B gemeten, dan zie je ineens een 2 maal zo hoge waarde van de frequentie verschijnen omdat het signaal per periode twee maal boven de drempel uit komt en dus twee telpulsen zal geven.

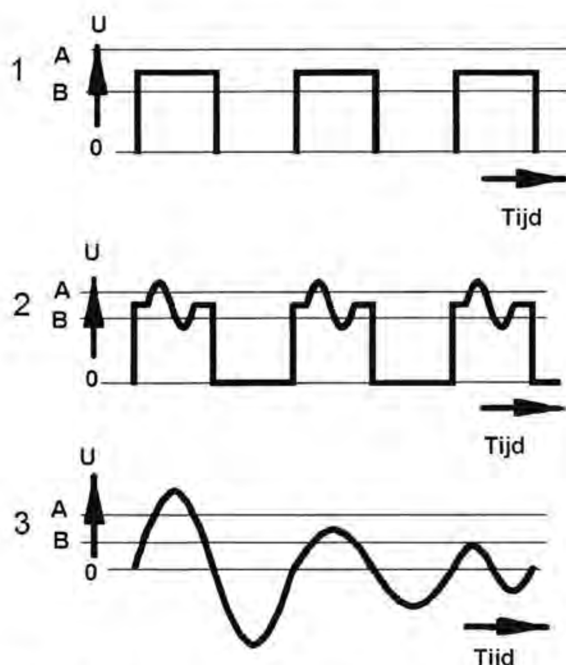


Fig. 8.27 Wat wordt er bij een samengesteld signaal gemeten?

Het kan ook gebeuren dat de amplitude van het te meten signaal niet constant in waarde is maar afneemt, zoals de 3e tekening laat zien.
Duidelijk is te zien wat voor fouten er dan kunnen optreden. Stel dat het signaal dat getekend is zich gaat herhalen, dan zal met de drempelspanning A slechts 1/3 van de frequentie gemeten worden.
De niveaus A en B zijn slechts bedoeld als voorbeeld. Vaak hebben tellers een knop waarmee de gevoeligheid (het meetniveau) kan worden ingesteld.

In figuur 8.28 zijn de poorttijd en een signaal dat gemeten moet worden getekend. Van het signaal A wordt door de pulsvormer pulsen gemaakt,
B. De frequentiemeter meet gedurende de poorttijd C.
D toont het aantal getelde pulsen binnen de poorttijd.
Het kan dus voorkomen dat een puls net niet of wel geteld wordt.

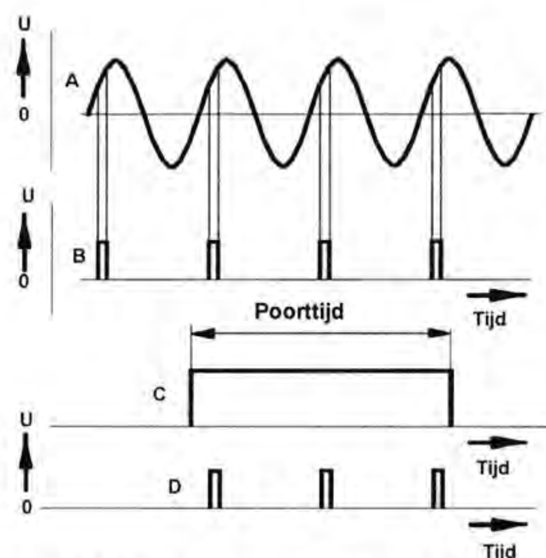


Fig. 8.28 Van ingangssignaal tot telpulsen.

In het volgende figuur zijn de besproken functies getekend. Eerst wordt er van elke aangeboden spanning een pulsje gemaakt, de poortschakeling laat gedurende een vaste (gekozen) tijd deze pulsjes door naar de impulsteller en vervolgens gaat de uitkomst naar het display. De poortschakeling wordt door de tijdbasisgenerator bediend.

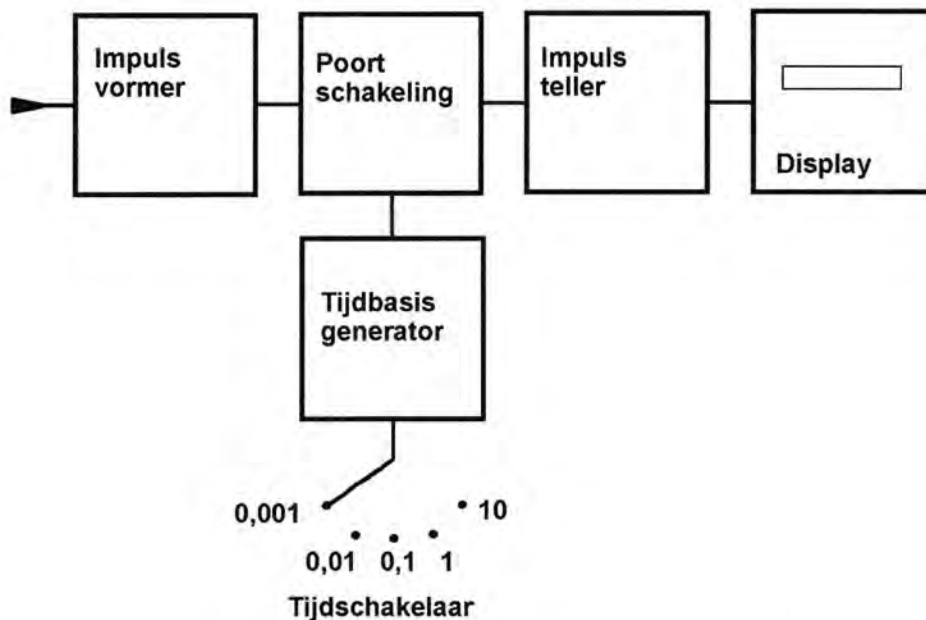


Fig. 8.29 De functies in een simpele frequentieteller.

8

8.5 De absorptie-golfmeter

Een eenvoudig instrument dat zeer goed zelf te maken is. Dit instrument wordt soms ook frequentiemeter genoemd. Het principe van dit instrument berust op het meten van het uitgestraalde E-M veld van een zender.

Plaatsen we een antenne op dit meetinstrument dan kunnen we de veldsterkte in de nabijheid van de zender meten. In dat geval spreken we over een selectieve veldsterktemeter. In de nabijheid van een zender is deze veldsterkte meestal groot genoeg om door dit eenvoudige instrument gemeten te worden. Wanneer de signalen groot genoeg zijn is een antenne overbodig, de spoel zelf pikt dan al genoeg hoogfrequent energie op.

De eenvoudigste absorptie-golfmeter ziet er uit als de meest eenvoudige detector die we kennen. Over de afgestemde kring ontstaat een spanning die door een zender veroorzaakt wordt. De spoel van de absorptie-golfmeter koppel je met een spoel in de zender door het instrument vlak bij die spoel in de zender te houden.

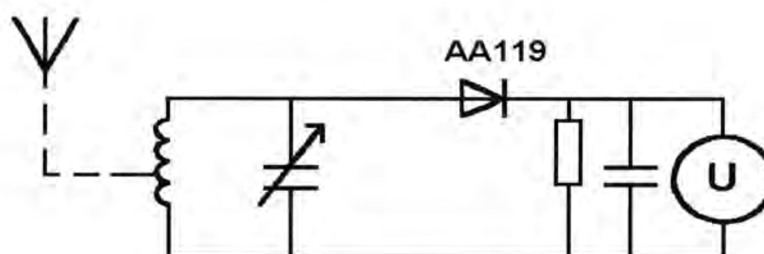


Fig. 8.30 Het schema van een absorptie-golfmeter.

Door draaien aan de condensator zal de kring in resonantie komen met het ontvangen signaal. Een opslingering vindt plaats. De spanning wordt door de diode gelijkgericht en de meter zal uitslaan. Je draait aan de condensator en neemt een maximum meteruitslag waar. Wanneer nu het schaaltje van de afstemcondensator de frequentie aangeeft, weet je dus waar de uitzending in het frequentiespectrum plaats vindt.

8.6 Dipmeter

Een zeer handig instrument dat gebruikt wordt om LC-kringen op een bepaalde frequentie af te stemmen. Het is zeer zeker de moeite van het zelf bouwen waard. Bovendien kun je dit instrument ook als absorptie-golfmeter gebruiken.

Het principe is als volgt:
Men neme een LC-oscillator, gemaakt met behulp van een gewone transistor of een MOSFET transistor. De spoel van de oscillator koppel je met een afgestemde kring waarvan je de resonantie-frequentie wilt weten. Andersom is ook mogelijk, je wil die kring op een bepaalde frequentie afregelen. Het schema kan er als volgt uit zien:

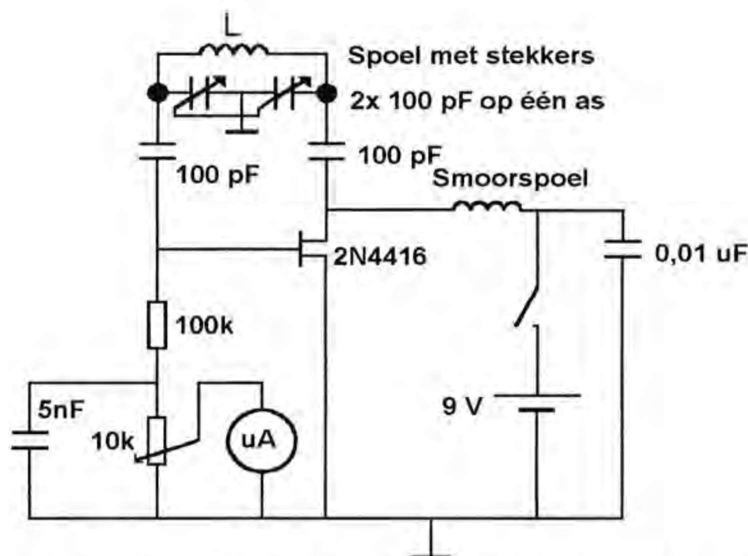


Fig. 8.31 De dipmeter uitgevoerd met een veldeffecttransistor 2N4416 (jfet).

Komt nu de resonantie-frequentie van de kring overeen met de frequentie die door de dipmeter opgewekt wordt, dan zal de eerste kring enige energie van de dipmeter onttrekken. Dit zie je als een *dip* in de stroom die door het metertje vloeit dat op de dipmeter geïnstalleerd is. Vandaar de naam dipmeter.
Een oude benaming is de GRID-dipmeter. Deze benaming stamt nog uit het buizentijdperk. Hierbij wordt de roosterstroom gemeten van de buis die in de grid-dipmeter is toegepast. Grid is Engels voor rooster.

Om de meter te kunnen gebruiken over een groot frequentiegebied is de spoel uitwisselbaar. Bij een dipmeter hoort altijd een set met spoelen in oplopende waarde. Iedere spoel wordt dan gebruikt voor een bepaald frequentiegebied. De foto in figuur 8.32 toont een praktische uitvoering.

8

De dipmeter kan ook goed gebruikt worden om de waarde te bepalen van onbekende spoelen of condensatoren. We gaan dan uit van een condensator of een spoel waarvan de waarde bekend is. Met deze maken we dan met het onbekende onderdeel een afgestemde kring. Met de dipmeter kan nu de resonantiefrequentie bepaald worden. Door middel van een berekening kan dan de waarde van de onbekende spoel of condensator berekend worden.

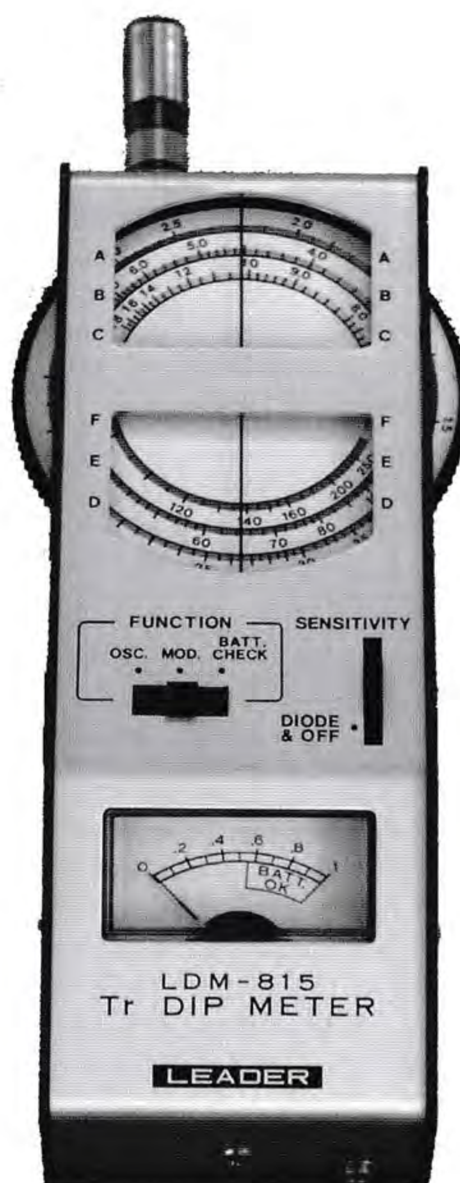
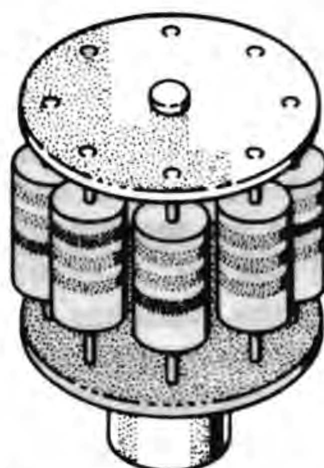


Fig. 8.32 Een uitvoering van de dipmeter. De verwisselbare spoel wordt boven in het apparaat gestoken.

8.7 Kunstantenne

Een zender afregelen, zodat hij zijn maximaal vermogen kan afleveren, is alleen mogelijk door hem aan te zetten. Aangezien er altijd een *antenne aangesloten moet* zijn wanneer een zender ingeschakeld wordt, zal er een signaal uitgestraald worden. Doe je dit niet dan gaat de zendereindtrap meestal acuut ter ziele.
Omdat er met afregelen gemeten wordt kan dit nog wel eens enige tijd in beslag nemen. Je mede-amateurs vinden het *niet leuk* als je dit doet. Vaak veroorzaakt een niet goed ingestelde zender een hoop storing over een breed frequentiegebied. Beter is het voor die klus een kunstantenne te gebruiken.
Een kunstantenne is niets anders dan een weerstand van 50 Ω, of een parallelschakeling van een aantal weerstanden. Deze kan het vermogen van de zender zonder enig probleem opnemen en straalt daarbij geen E-M veld uit.
Voor een gering vermogen tot zo een 5 Watt, kan dit een simpele weerstand zijn. Deze moet uit massief kool bestaan.
Draadgewonden weerstanden zijn niet geschikt omdat we dan te maken krijgen met de zelfinductie van de weerstand. De weerstand mag dus geen noemenswaardige zelfinductie of capaciteit bevatten.
Voor kunstantennes die een vermogen groter dan 10 W moeten kunnen hebben, worden vaak weerstanden gebruikt die in olie gekoeld worden.
Als weerstand kunnen ook **halfgeleidermaterialen** functioneren. De weerstand ziet er dan uit als een wat groot uitgevallen transistor en moet op een koelrib geplaatst worden. Daarbij kan een ventilator voor een geforceerde koeling zorgen. In het Engels noemt men een kunstantenne een *dummy load*.


Fig. 8.33 Een zelf gemaakte belastingsweerstand

Er wordt een gelijkrichterschakeling toegevoegd om de spanning over de weerstand (en daarmee het opgenomen vermogen) te meten. Zie figuur 8.34.
Als de C voldoende groot is, geeft de gelijkspanningmeter de topwaarde van de wisselspanning aan. Deze is effectieve waarde * √2 (√2 = 1,4).

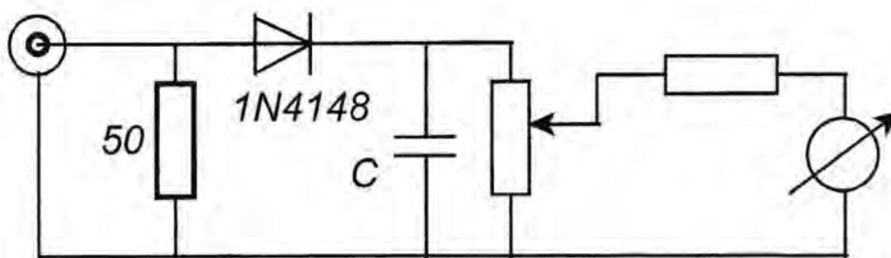


Fig. 8.34 De dummy load met een meetcircuit.

8

De gemeten waarde van de spanning is een maat voor het vermogen. We kunnen dit als volgt uitrekenen:

$$U = I * R$$
$$R = 50\ \Omega$$
$$U = I * 50$$
$$I = U / 50 =$$

Vermogen = spanning * stroom.

$$P = U * I$$
$$P = U * U / 50$$
$$P = U^2 / 50$$

Fig. 8.35 Berekening van het vermogen bij een bekende spanning en weerstand

Het schaaltje van de meter kan in de waarden, die voor het gemeten vermogen gelden, worden geijkt. Vul zelf de tabel verder in:

Vermogen in een 50 Ω weerstand:

De spanning U	Vermogen P in Watt
0,5	0,005
1	
1,5	
2,5	
3	
5	
10	
14	
20	
100	

Bovendien is het mogelijk om deze meter met gelijkspanning te ijken. Je zet een gelijkspanning op de weerstand zelf, stelt deze spanning goed in en vervolgens kijk je wat de af te lezen meter dan aangeeft.

Een klein verschil kan optreden door het spanningsverlies van de gebruikte diode. We hebben dan de keuze uit twee mogelijkheden:

a. De meter open maken en een nieuwe afleesschaal maken.

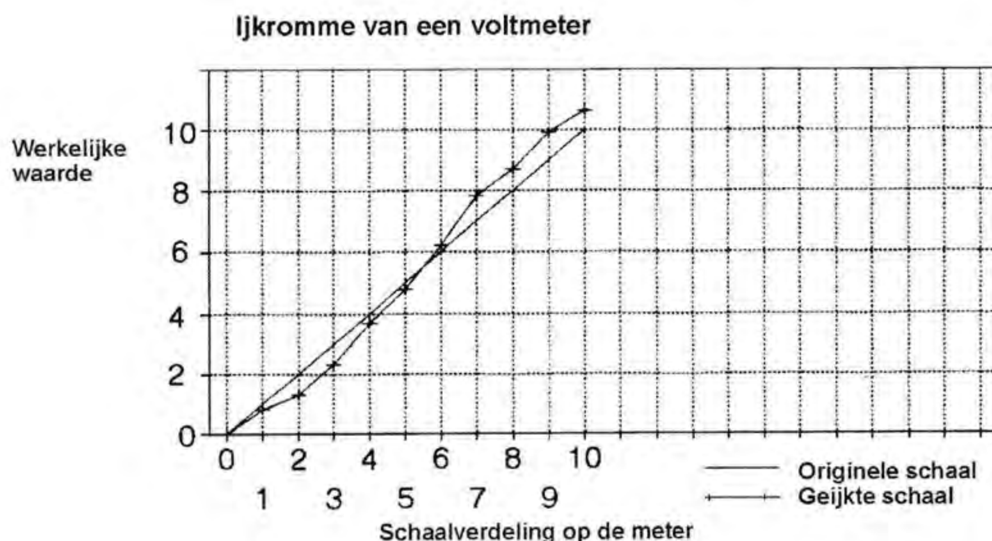


Fig. 8.36 Een voorbeeld van een ijkkromme.

b. Het is ook mogelijk een zogenaamde ijkkromme te maken. We maken dan een grafiek, zetten op de horizontale as, schaalverdeling van de meter en lezen via de gemaakte curve de waarde van het afgeleverde vermogen in watt op de verticale as af. Berg dit papier bij de meter op en noteer bovendien deze tabel en grafiek in je experimentenboek.



Fig. 8.37 Dummyload met ingebouwde vermogensmeter.

8.8 De staande-golfmeter

De staandegolfmeter (deze wordt vaak ook wel SWR = **S**tanding **W**ave **R**atio meter genoemd) is ook een instrument dat in geen enkele shack van een zendamateur mag ontbreken. Uiteraard zijn deze meters te koop maar het is ook leuk om er zelf een te maken. In ieder handboek over antennes en in een oude *Electron* vind je wel een beschrijving van zo een instrument.
Het doel van dit instrument is ons informatie te verschaffen over de vraag of de energie overdracht van zender naar antenne goed functioneert.
Bovendien kan het gebruikt worden als beveiliging tegen het feit dat je antenne niet meer op de zender aangesloten is. De meeste transistor-zenders kunnen hier namelijk niet tegen.

Het principe van dit instrument berust op het *relatief* meten van de antennestroom tijdens zenden. Dit wil zeggen dat het geen exacte informatie over de grootte van de stroom geeft. We gebruiken de SWR meter meer als een *indicator* om de zender af te regelen op maximale energie overdracht naar de antenne toe en om te controleren of de aanpassing van de voedingskabel, met aan het eind de antenne, op de eindtrap juist is.
Sommige meters kunnen ook het vermogen aangeven dat door de zender wordt afgegeven. Voorwaarde voor het aangeven van de juiste waarde is wel het feit dat een en ander goed aangepast moet zijn. Zie ook paragraaf 6.5.2. en volgende



Fig. 8.38 Een combinatie van een staande-golfmeter en een vermogensmeter. Deze kan geschikt zijn voor metingen in de HF-, VHF- en UHFbanden tot en met de 23 cm band.

9 Transistoren en hun toepassing

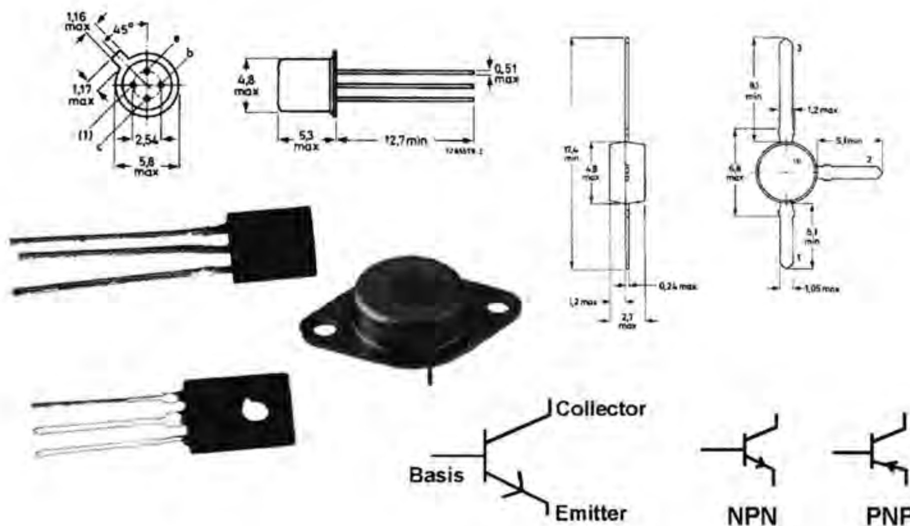


Fig. 9.01 De afmetingen, uitvoering en gegevens verschillen, maar altijd gelden het symbool en de benamingen.

9.1 De transistor in het algemeen

De basis van de huidige elektronica is de transistor. Deze komt in allerlei gedaanten voor, zoals figuur 9.01 laat zien. De transistoren zijn in honderden of soms duizenden aanwezig in de geïntegreerde schakelingen (zo'n 5 miljoen in de Pentium computerprocessor). Eigenlijk is de naam transistor een algemene naam. Er zijn allerlei transistoren te onderscheiden.
We kunnen eerst een indeling maken naar de gebruikte *materiaalsoort*:

1. De allereerste transistoren waren gemaakt van het halfgeleider materiaal **germanium**.

2. De huidige transistoren worden meestal gemaakt van het halfgeleider materiaal **silicium**.

3. Voor het zeer hoge frequentiegebied (SHF) worden speciale **gallium-arsenide** transistoren gebruikt. Helaas is dit een giftige stof, dus defecte exemplaren nooit open maken maar met het chemisch afval afvoeren.

Het zuivere germanium of silicium materiaal is bij kamertemperatuur een isolator. Door een zeer kleine toevoeging van een ander materiaal ontstaat de halfgeleider functie van diode of transistor.

De **Europese** aanduidingen van de transistoren beginnen altijd met de letter die de gebruikte materiaalsoort aangeeft. Voor germanium is dat de letter A en voor silicium de letter B. Voor gallium-arsenide is de letter C gekozen.

Als voorbeeld : De **A**F127 en de **A**D136 zijn transistoren vervaardigd van germanium, de **B**F154 en de **B**C547 zijn silicium transistoren.

De tweede letter geeft het toepassingsgebied aan:

A = diode
B = varicap (variabele capaciteitsdiode)
C = kleinsignaal versterker
D = audio (l.f.) versterker
E = tunneldiode
F = kleinsignaal-h.f.-versterker
G = algemene toepassingen
L = h.f.-vermogensversterker
P = lichtgevoelige transistoren of dioden
U = zeer snelle vermogensschakelaar
Y = vermogensgelijkrichter
Z = zenerdiode

Coderingen zoals 2N...., 2SC..., SD11495, MRF898, PT9790, zijn Japanse of Amerikaanse aanduidingen.

De **Japanse** aanduidingen[9] zitten als volgt in elkaar:
Elke aanduiding bestaat uit 5 elementen en bevat een cijfer/letter combinatie, bijvoorbeeld **2SC1946**:
2 staat voor het aantal aansluitpootjes min 1, dus een diode begint met 1 en een transistor met 2.
S staat voor registratie in het EIAJ registerboek,
C staat voor NPN hoge frequentie. Andere letters betekenen:

A = PNP hoge frequentiegebied
B = PNP lage frequentiegebied
C = NPN hoge frequentiegebied
D = NPN lage frequentiegebied
E en G resp. P- en N- gate thyristoren
H = uni junction transistor
J en K zijn P- en N- kanaal transistoren (zoals MOSFET's).

De cijfers staan voor een volgorde-codering. De 2SC2050 is dus een type transistor dat later beschikbaar is gekomen dan de eerder genoemde 2SC1946.

9) Het heeft geen nut om coderingen uit het hoofd te leren.

9.2 De wisselspanningsversterker

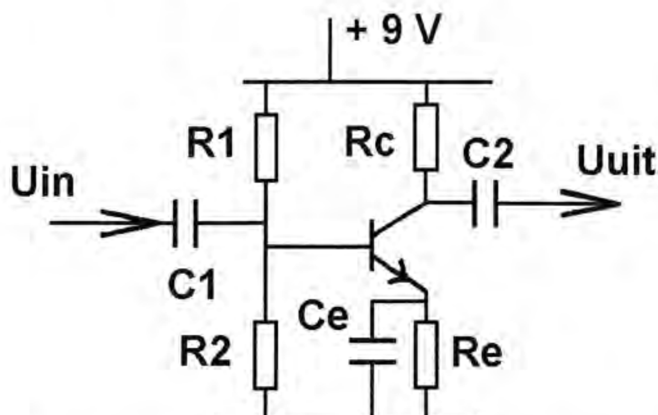


Fig. 9.02 De transistor in zijn meest gebruikte versterker schakeling.

Er lopen bij alle transistorschakelingen altijd twee zaken door elkaar:

1. de **voeding** die nodig is om de transistor zijn werk te laten doen;
2. de weg die de **wisselspanning** moet volgen om versterkt te worden.

9.2.1 Gelijkstroominstelling

Om de transistor zijn werk te laten doen is de schakeling volgens figuur 9.03 nodig voor de gelijkstroom instelling van de transistor.

De weerstanden R1 en R2 vormen een spanningsdeler die een spanning afgeeft en daarbij een stroom aan de basis van de transistor toevoert. Deze stroom noemen we meestal de *basis-ruststroom*. Deze stroom geven we de letter I. En omdat deze vloeit naar de basis, coderen we dit als I_b.

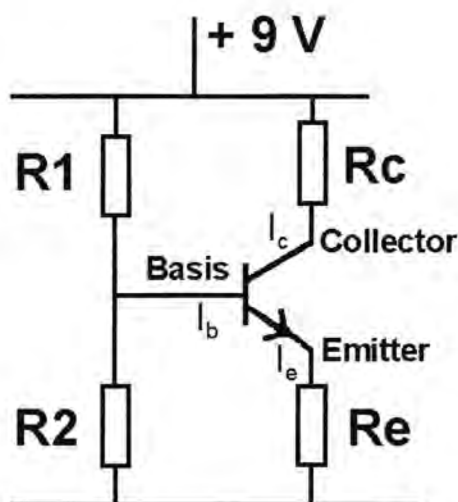


Fig. 9.03 Het voeden van de transistor. De gelijkstroominstelling.

De spanning tussen basis en emitter is afhankelijk van de grootte van de basisstroom, doch nagenoeg constant. Deze bedraagt circa 0,3 volt bij een germanium transistor en circa 0,7 volt bij een silicium transistor.

Een *eigenschap* van de transistor is nu dat zodra er een stroom van basis naar emitter vloeit, er een *veel grotere* stroom van collector naar emitter gaat. Op zelfde gronden als bij de basisstroom, noemen we de stroom die naar de collector loopt I_c en de stroom die uit de emitter komt I_e.

De basisstroom en de collectorstroom staan in een *bepaalde verhouding* tot elkaar, deze verhouding noemen we de *stroom-versterking* van de transistor.

9

Als formule geschreven wordt dit: $I_c = h_{fe} * I_b$

Fig. 9.04 Berekening van de collectorstroom.

Deze stroomversterking vindt men in de technische gegevens van de transistor in de vorm van verschillende afkortingen terug. Deze verschillende afkortingen zijn ontstaan in de ontwikkeltijd van de transistor. Elke fabrikant gebruikte zijn eigen letters. In dit boek gebruiken we de moderne lettercombinatie h_{fe}.

We zien in figuur 9.05 dat de stroom van de basis (I_b) **en** de stroom in de collector (I_c) vanuit de + voeding komen en beide via de emitter (I_e) naar de min van de voeding terugvloeien.

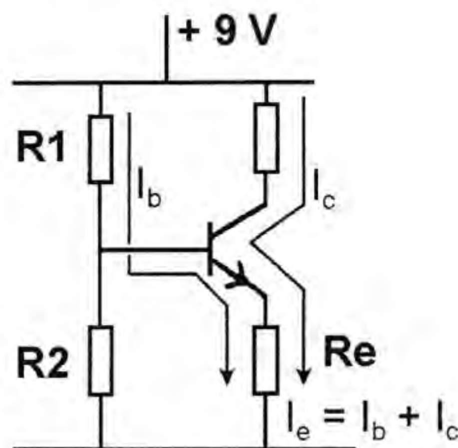


Fig. 9.05 De gelijkstromen door de transistor.

Deze gegevens kunnen we in een grafiek uitzetten, dan krijgen we figuur 9.06.

We kunnen dan ook schrijven:

$$I_e = I_b + I_c$$

Fig. 9.07 Berekening van de emitterstroom (1

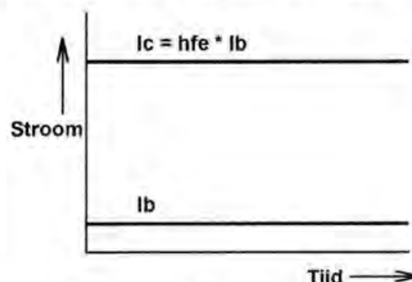


Fig. 9.06 Basisstroom en collectorstroom in één grafiek.

We hebben reeds gezien dat de I_c een factor h_{fe} maal groter is dan I_b, dus ingevuld geeft dit:

$$I_e = I_b + I_c$$
$$I_e = I_b + h_{fe} * I_b$$
$$I_e = (h_{fe} + 1) * I_b$$

Fig. 9.08 Berekening van de emitterstroom (2).

Bij transistoren is de stroomversterking tussen gelijke typen niet altijd gelijk.
We spreken over spreiding. Voor bijvoorbeeld een BC547 ligt de h_{fe} tussen minimaal 110 en maximaal 290. Met andere woorden de ene BC547 is de andere niet, maar lijkt er wel veel op.

De weerstand Re (zie figuur 9.05) dient o.a. voor de juiste instelling van collectorstroom van de transistor. Wordt een transistor namelijk warm dan willen de basis- en collectorstroom steeds maar aangroeien wat tot vernieling van de transistor kan leiden. We kunnen twee simpele maatregelen nemen om dit effect tegen te gaan:

a. Wanneer de stroom door de emitter toeneemt, zal de spanningsval over Re ook toenemen. Het gevolg is dat de stroom door de basis afneemt en de stroom I_e weer iets kleiner wordt. Men spreekt dan over een stroom-tegenkoppeling waardoor een stabiele instelling wordt bereikt. Als we echter een simpele schakeling, zonder R_2, gebruiken zoals in figuur 9.09. dan is de afhankelijkheid van de temperatuur nog steeds vrij groot.

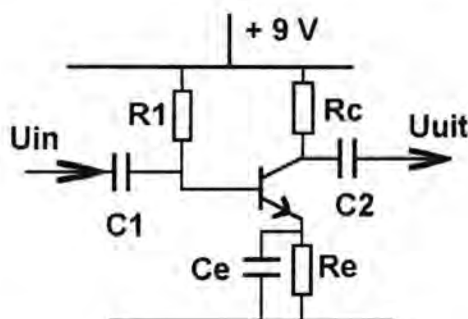


Fig. 9.09 De basis wordt uit één weerstand gevoed.

b. Daarom passen we liever ook een R_2 toe, zoals in figuur 9.05. De stroom door R_1 wordt dan niet alleen door de basisstroom meer bepaald maar in hoofdzaak door de stroom die naar R_2 vloeit.
Nemen we deze stroom bijvoorbeeld 10 maal zo groot als de te verwachten basisstroom, dan zal deze laatste weinig invloed uitoefenen op de spanningsverdeling tussen deze twee weerstanden en heeft een kleine verandering van deze I_b ook weinig invloed meer. Met andere woorden I_b wordt aan de ingestelde waarde vastgehouden.

9

De condensator Ce wordt opgeladen met de gelijkspanning die over R_e ontstaat. Deze condensator moet nu een zo grote capaciteit hebben dat hij deze spanning gedurende een korte tijd constant kan houden. Wanneer er een wisselstroomsignaal op de ingestelde stroom komt, dan mag deze de ingestelde spanning niet veranderen, de condensator vangt de veranderingen op.
De transistor is door deze twee maatregelen aardig op zijn *werkpunt* vastgenageld.

9.2.2 Versterking van het signaal

Brengen we via C1 een wisselspanningssignaal op de basis aan, dan zal de basisstroom daardoor in het ritme van het signaal groter en kleiner worden:

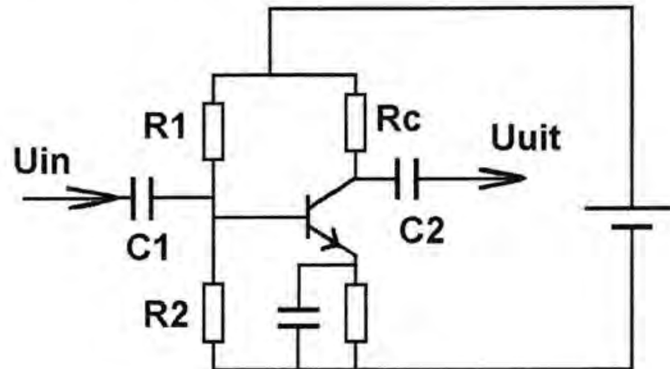


Fig. 9.10 Een wisselspanning wordt via C1 naar de transistor gebracht. Via C2 gaat het versterkte signaal verder.

In de basis gaan nu de ingestelde basisgelijkstroom en een wisselstroom, die door de signaalspanning veroorzaakt wordt, samen.

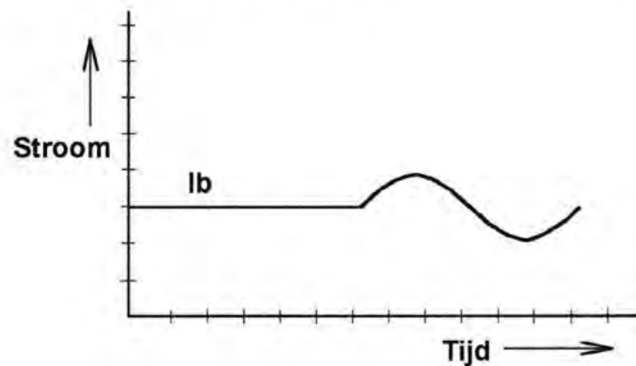


Fig. 9.11 Het signaal veroorzaakt een wisselstroom die boven op de ingestelde basisgelijkstroom komt.

Het mag duidelijk zijn dat binnen ***de technische grenzen*** de stroom I_c versterkt meegaat.

Je krijgt dan:

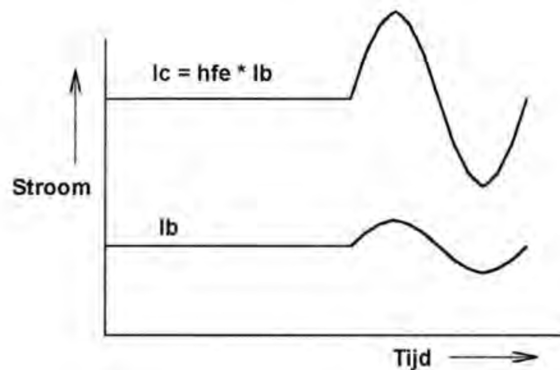


Fig. 9.12 De basis(wissel)stroom veroorzaakt een collector(wissel)stroom die hfe maal groter is.

Deze in grootte veranderlijke collectorstroom gaat door de weerstand R_c en er komt dan over deze weerstand een spanning te staan *die gelijk op* gaat met de genoemde stroom. De veranderingen van de in grootte veranderende spanning zal via C_2 doorgegeven worden naar de volgende versterkertrap.
Hieruit volgt dat de weerstand R_c invloed heeft op de grootte van deze veranderende gelijkspanning. R_c mag geen invloed uitoefenen op de ingestelde collectorstroom. Dat wil zeggen dat voor onvervormde versterking de collectorstroom nooit kleiner mag worden dan 0 en nooit zo groot dat daardoor de collector - emitterspanning (U_{CE}) 0 V wordt.

9

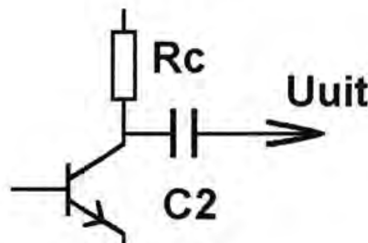


Fig. 9.13 R_C heeft invloed op het signaal dat via C_2 verder gaat. Alleen de ***verandering*** *van de spanning op het knooppunt wordt doorgegeven, niet de ingestelde gelijkspanning.!*

9.3 Een stroomkring nader bekeken [10])

In figuur 9.14 gaan we de stroomkring van de voedingsbron naar Rc, naar transistor en Re eens nader bekijken. Een ding weten we zeker:

*gaan we rond in een **gesloten** circuit, waarin elektrische stroom vloeit, dan zal de som van alle spanningsverschillen die we tegenkomen in dat circuit gelijk aan nul moeten zijn.*

Immers elektrische spanning kan zo maar niet in een draad ontstaan en net zo min verdwijnen.

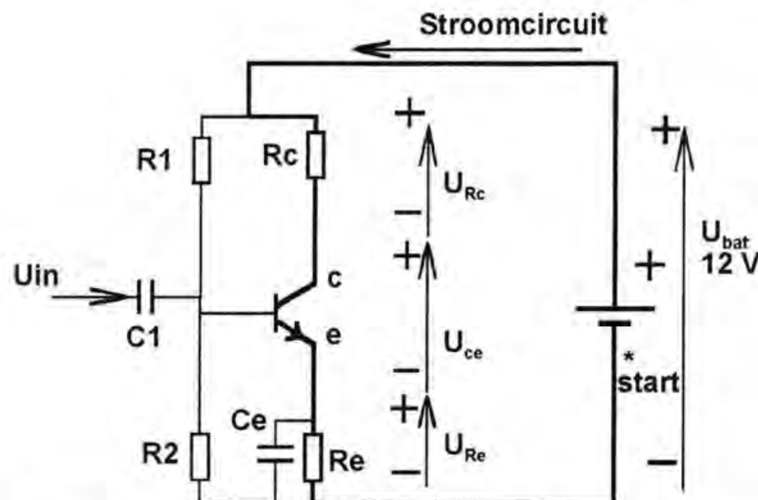


Fig. 9.14 Een elektrisch circuit nader bekeken. Het potentiaalverschil van min naar plus noemen we positief en van plus naar min noemen we negatief.

Gaan we zo in een gesloten circuit rond dan maken we de volgende afspraak:
doorlopen we een spanningsverschil van min naar plus dan zetten we er een plus + voor, gaan we van plus naar min dan dalen we in spanning (potentiaal) en zetten er het minteken - voor.

We volgen in de figuur de dikke lijn vanaf het punt *. Dit gaat als volgt:

$$+ U_{bat} - U_{rc} - U_{ce} - U_{re} = 0$$

Fig. 9.15 De som van de spanningsverschillen in de schakeling van figuur 9.14 is 0.

Voor de berekening van R_c en R_e moeten we als voorbeeld een aantal aannames doen. Om een goede instelling te verkrijgen is te stellen: dat

10) Deze paragraaf behoort niet tot de examenstof, maar dient voor een betere informatie over de begrippen van spanning en stroom en het praktische nut ervan in transistorcircuits.

$$U_{bat} = 12\ V$$
$$I_c = 5\ mA$$
$$U_{rc} = U_{ce}$$
$$U_{re} = 0{,}1\ U_{bat}$$

Fig. 9.16 Aannames bij de berekening van R_c en R_e in figuur 9.14.

Je kunt nu eerst de waarde van de weerstand R_e uitrekenen:

De spanning $U_{re} = 1/10 * U_{bat} = 1/10 * 12 = 1{,}2\ V$
De stroom (afgerond) 5 mA
weerstand $Re = U/I = 1{,}2 / 0{,}005 = 240\ \Omega$

Fig. 9.17 Berekening van de emitter weerstand Re. De emitterstroom is afgerond omdat de basisstroom is verwaarloosd. Dit kan indien deze basisstroom veel kleiner is dan de collectorstroom.

Nu kan de weerstand R_c worden berekend. We beginnen met het invullen van de basisformule 9.15.

$$+ U_{bat} - U_{rc} - U_{ce} - U_{re} = 0$$
$$+12 - U_{rc} - U_{ce} - 1{,}2 = 0$$
$$10{,}8 = U_{rc} + U_{ce}$$
Omdat $U_{rc} = U_{ce}$ *geldt dus:*
$$U_{rc} = 10{,}8 / 2 = 5{,}4\ V$$
Dus $R_c = U_{rc} / I_c = 5{,}4 / 5 = 1{,}080\ k\Omega$

U in volt en I in mA dan is R in kΩ

Fig. 9.18 De berekening van de collectorweerstand Rc in de schakeling van figuur 9.14.

9

Merk op:
1e Dat in deze berekeningen helemaal geen rekening is gehouden met de basisstroom en de stroomversterkingsfactor h_{fe}. Dit kan omdat er aangenomen is dat de spanning over R_e het tiende (0,1) deel is van U_{bat}. Deze aanname blijkt ook in de praktijk te voldoen.
2e Om een juiste waarde van R_c te bepalen, moet de vraag gesteld worden of de transistor voor een wisselspanning volledig uitgestuurd moet worden. Zo ja, dan moet voor een wisselspanning gesteld worden dat $U_{ce} = U_{rc}$
Dan is U_{rc} gelijk aan: ½ (U_{bat} - U_{re}). Alleen in dat geval zijn de te bereiken amplituden maximaal. Eigenlijk nog iets kleiner, want je moet voor U_{ce} nog een restspanning van 1 V berekenen.

Probeer met het schema hiernaast eens de volgende berekeningen uit te voeren:

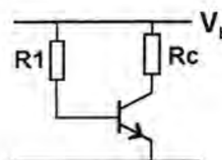


Fig. 9.19 De basisstroom bepaalt direct de collectorstroom.

1). De transistor heeft een h_{fe} van 150, de basisstroom is 0,1 mA. Hoe groot is dan de collectorstroom?
Hoeveel emitterstroom zal er vloeien?
De collectorweerstand is 400 ohm; hoeveel spanning staat er dan over deze weerstand?

Oplossing:
1). We berekenen eerst de collectorstroom:

$$Ic = h_{fe} * I_b$$
$$I_c = 150 * 0,1 = 15 \text{ mA}$$

Fig. 9.20 Berekening van de collectorstroom.

De emitterstroom is:

$$I_e = (h_{fe} + 1) * I_b$$
$$I_e = (150 + 1) * 0,1 = 15,1 \text{ mA}$$

Fig. 9.21 Berekening van de emitterstroom.

De spanning over de collectorweerstand van 400 ohm:

$$U_{rc} = I_{rc} * R_c$$
$$U_{rc} = 0,015 * 400 = 6,0 \text{ V}$$

Fig. 9.22 Berekening van de spanning over R_c.

2). Als in vraag 1. De transistor wordt vervangen en heeft nu een h_{fe} van 300. Wat zal er dan met de spanningen gebeuren als de voedingsspanning U_b = 9 V is?

$$I_c = h_{fe} * I_b$$
$$I_c = 300 * 0,1 = 30 \text{ mA}$$

Fig. 9.23 Berekening van de collectorstroom.

De spanning over de collectorweerstand zou nu dus moeten worden:

$$U_{rc} = I_{rc} * I_c$$
$$U_{rc} = 0,030 * 400 = 12 \text{ V}$$

Fig. 9.24 Berekening van de spanning over R_c.

De voedingsspanning U_b is echter maar 9 V. Er kan dus nooit meer dan 9 V over de collectorweerstand vallen. De maximale stroom is dus 9 / 400 = 22,5 mA.
Er zal dus *nooit meer* collectorstroom lopen dan deze 22,5 mA. De spanning tussen collector en emitter zal dan de 0 V *benaderen*.

9.4 Andere transistoren

9.4.1 De NPN en de PNP transistor

Naast de hiervoor gebruikte transistor, deze was van het NPN type, kennen we ook de PNP transistor. Deze transistor komt wat gebruik betreft, overeen met de NPN. Alleen de stroomrichting is juist andersom, dit is duidelijk aangegeven in het schema want de pijl in de emitterleiding staat andersom getekend, de voeding moet dan ook andersom aangesloten worden.

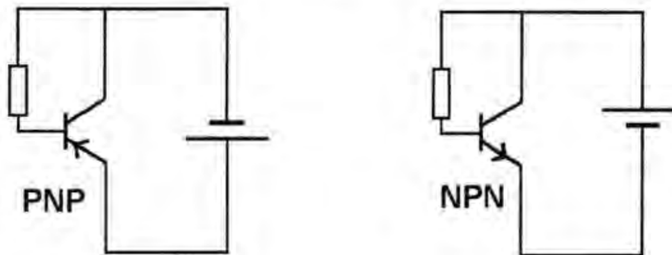


Fig. 9.25 Het verschil tussen een PNP en een NPN transistor is in het schema te zien aan de pijl in de emitter en de aansluitingen van de voedingsbron.

9.4.2 Veldeffect transistoren

Door de elektronici worden ook de veldeffecttransistoren gebruikt, kortweg *fet* genoemd, naar de engelse benaming *field effect transistor*. We onderscheiden bij deze transistoren twee belangrijke typen. We kennen de:

1. JFET en de
2. MOSFET.

Het MOSFET principe komt in allerlei variaties voor, het wordt gebruikt bij de fabricatie van ic's, zijn zeer klein te maken en komen in miljoenen voor in een ic.

In schema's kom je ze als volgt getekend tegen:

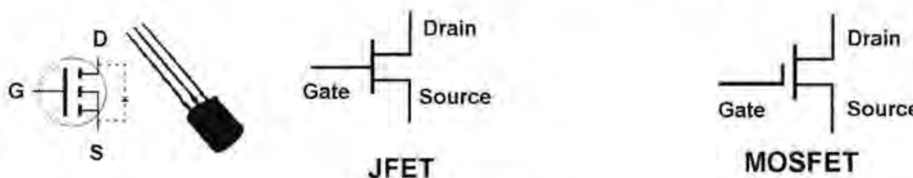


Fig. 9.26 De symbolen van de JFET en de MOSFET. In de linker figuur is aangegeven dat er een kortsluitring tussen de drain en de source is aangebracht. Deze verbinding dient pas na montage verwijderd te worden.

9

Omdat de gate bij de MOSFET geheel geïsoleerd is van de rest van de transistor vormt deze gate als het ware een kleine condensator. Nadeel van deze kleine condensator is dan ook dat hij zeer snel heel hoog opgeladen wordt door statische spanningen (spanning door je trui of kunststofblad van de werktafel), dus ook door aanraking. Het gevolg is dat de transistor dan beschadigd kan raken. Vaak is dit **niet direct** merkbaar. Het vervelende is dat de MOSFET na een halfjaar of zo ineens de geest geeft. Je bent dan allang vergeten dat je de transistor in je handen hebt gehad of dat je hem in een gewoon plastic zakje vervoerd hebt. Er zijn dan ook speciale maatregelen nodig voor montage en transport. Vervoeren moet je ze in zogenaamd *geleidend* plastic. Dat kan een plastic rail of een speciaal kunststofzakje of –plaatje (zwart schuim) zijn. Daarin worden ze dan ook door de fabrikant afgeleverd.
Bij montage moet je voor een niet statisch elektrische omgeving zorg dragen. Er zijn armbandjes te koop met een metalen ketting die je met de massa aansluiting van je printplaat verbindt. Heel goed is dan ook het metalen deel van je soldeerbout via een soepele koperen draad hiermee te verbinden. Bij voorkeur wordt de MOSFET als laatste onderdeel gemonteerd, dan zijn de andere onderdelen reeds op de print geplaatst en kan er niet zoveel meer gebeuren, doordat de elektrische ladingen dan gemakkelijker via weerstanden en condensatoren weg kunnen vloeien. Er zijn MOSFET typen die zogenaamd beveiligd zijn, maar soms geeft deze beveiliging de geest. Voorzichtigheid is hier de hoeder van de porseleinkast. Waarom zou je het risico van een defect of onbetrouwbaarheid nemen?

Eigenschappen van beide typen veldeffecttransistoren
Er loopt nauwelijks stroom van de *gate* naar source of drain. De stroom van drain naar source wordt beïnvloed door de *spanning tussen gate en source.* Deze spanning noemen we U_{gs} en de stroom door drain en source noemen we I_d of I_s. We kunnen dan ook zeggen dat deze transistoren *spanningsgestuurd* zijn. Omdat er een verband bestaat tussen deze twee, kunnen we schrijven:

$$I_{ds} = U_{gs} * y_{fs}$$

Fig. 9.27 Formule voor het berekenen van de drain stroom.

Deze y_{fs} hangt dan weer af van de constructie van deze transistor. Daar hebben we geen invloed op. Zie dus de datasheets van de fabrikanten voor gegevens. Aangezien de y_{fs} het verband tussen de stuurspanning en de drain - source stroom is wordt ze in mA per volt (mA/V) uitgedrukt.

10 Frequentie opwekking en filtering

Dit hoofdstuk gaat over het opwekken van een wisselspanning. Over het algemeen zal dit een hoogfrequent signaal zijn, dat wordt gebruikt in onze zender of ontvanger. Maar het kan ook een laagfrequent signaal zijn, bijvoorbeeld een 1750 Hz signaal, om een relaisstation open te sturen. De schakeling die we gebruiken voor het opwekken van die bepaalde wisselspanning noemen we een *oscillator*.
Daarna wordt het frequentie afhankelijk doorlaten of sperren van signalen met bepaalde frequenties behandeld. Dit noemen we *filteren*. Tot slot wordt een praktijkvoorbeeld van een schakeling met *frequentievermenigvuldiging* behandeld.

10.1 Oscillator

Een oscillator is een schakeling die een wisselspanning opwekt met een bepaalde frequentie. Bekijken we de functies van een oscillator dan valt deze in twee delen uiteen:

1. De versterkerfunctie
2. Het frequentiebepalend deel.

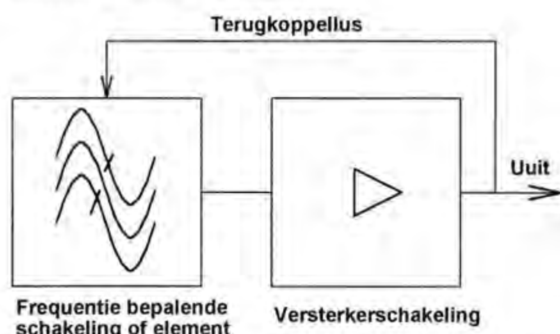


Fig. 10.01 Het principe van de oscillator. Na het opstarten van de oscillator dient de rondgaande versterking gelijk aan 1 te zijn.

Uiteraard noemen we de spanning die we afnemen U_{uit} en de frequentie die opgewekt wordt f_{OSC}. Deze f_{OSC} wordt door het frequentiebepalend deel vastgelegd.
De werking is in principe zo:

Door het inschakelen van de voedingsspanning zal er een plotselinge stijging van stromen en spanningen in de schakeling optreden. Een deel van deze schokgolf zal via de terugkoppellus aan het frequentiebepalend deel toegevoerd worden. Dit zal op zijn beurt één frequentie het meest bevoordelen en doorlaten naar de versterker.

Dat signaal wordt versterkt. Een deel ervan wordt weer teruggevoerd naar het frequentiebepalend deel. Daar gaat opnieuw de juiste frequentie doorheen en andere signalen worden verzwakt (vallen af).

10

Na een paar milliseconden zal er stabilisatie optreden en wanneer alles goed is ingesteld, zal onze oscillator een keurige sinusvormige signaalspanning van de juiste frequentie leveren.

Tijdens het opstarten is de rondgaande versterking groter dan 1, na het opstarten wordt deze gelijk aan 1.

Problemen die bij een oscillator op kunnen treden, zijn:

1. Geen fraaie sinusvormige spanning maar iets wat er op lijkt. Een groot nadeel daarvan is dat er dan ook signalen opgewekt worden waarvan de frequentie een veelvoud is van de frequentie die we zo graag wilden hebben.
Dit kan te maken hebben met de (gelijkstroom) instelling van de transistor.

2. De schakeling blijkt meestal nogal temperatuurgevoelig te zijn. Wijzigt de omgevingstemperatuur iets, dan kan de frequentie wat veranderen. Door gebruik te maken van condensatoren met een positieve of een negatieve temperatuurcoëfficiënt kan hieraan soms wat worden gedaan.

3. De schakeling blijkt gevoelig voor variaties in de voedingsspanning. Een zeer goed gestabiliseerde voedingsspanning is voor een oscillator een eerste vereiste.

4. De schakeling is mechanisch niet stabiel opgebouwd. Of deze heeft last van "handeffect". Dat wil zeggen als we een vinger in de buurt van de schakeling brengen verandert de frequentie. Goed stevig vast monteren van de componenten (vooral de draden waarmee spoelen zijn gemaakt) en afschermen van de gehele oscillatorschakeling helpen hier.

Raadpleeg voor informatie over het bouwen van oscillatorschakelingen de handboeken en *Electron*.

Een voorbeeld met betrekking tot **stabiliteit** Een oscillator moet een signaal opwekken van 18 MHz, dat daarna moet worden vermenigvuldigd naar 144 MHz. Om dit te bereiken moet de frequentie met 8 worden vermenigvuldigd.
Dit vermenigvuldigen gebeurt in een speciale schakeling.
Stel nu dat de oscillator zelf over een kort tijdsverloop 0,01% afwijking krijgt, door wat voor oorzaak dan ook. Deze afwijking van de oscillatorfrequentie (18 MHz) bedraagt dan (reken dit zelf na):

(0,01/100) * 18 000 000 = 1.800 Hz

De oscillatorfrequentie en de verandering worden daarna nog met een factor 8 vermenigvuldigd. Hierdoor verschuift het uitgezonden 144 MHz signaal maar liefst 8 * 1.800 Hz = 14.400 Hz! Zelfs voor een FM signaal is dit voor het ontvangend station niet acceptabel.

10.2 Frequentiebepalende elementen

De frequentiebepalende elementen bestaan uit onderdelen die je al hebt leren kennen. We onderscheiden:

- RC netwerken. Deze bestaan alleen uit weerstanden en condensatoren.

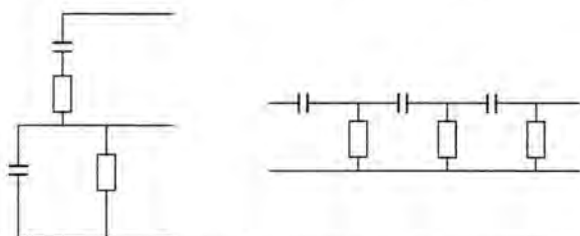


Fig. 10.02 Twee RC netwerken. Het rechtse *figuur staat* bekend als *ladder-netwerk.*

- LC-netwerken. Hiermee hebben we reeds kennis gemaakt, er zijn twee schakelingen met deze onderdelen mogelijk:



Fig. 10.03 L en C kunnen parallel of in serie worden geschakeld. Van links naar rechts: parallelkring, seriekring, bandfilter.

10.2.1 Filters met L, C en R

Door meerdere spoelen en condensatoren aan elkaar te schakelen kun je vier verschillende soorten filters maken:

1. *Laagdoorlaatfilter.* Dit is een filter dat signalen **tot** een *bepaalde frequentie doorlaat.*

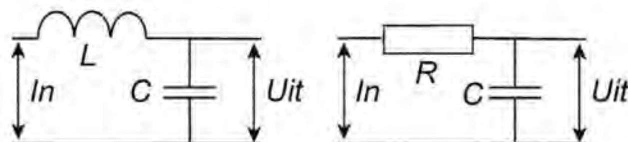


Fig. 10.04 Twee uitvoeringen van een laagdoorlaatfilter.

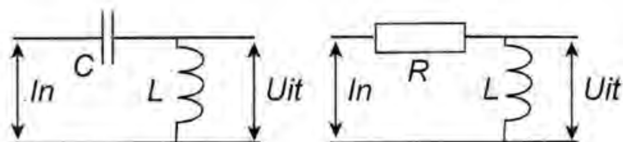


Fig. 10.05 Twee uitvoeringen van een hoogdoorlaatfilter.

2. *Hoogdoorlaatfilter.* Dit is een filter dat **vanaf** een bepaalde frequentie signalen gaat doorlaten.

3. *Banddoorlaatfilter.*
Dit is een filter dat een bepaald frequentiegebied **wel** doorlaat.

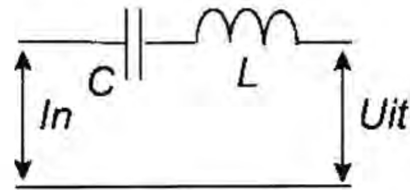


Fig. 10.06 Een voorbeeld van een banddoorlaatfilter.

4. *Bandsperfilter.*
Dit is een filter dat een bepaald frequentiegebied **niet** doorlaat.

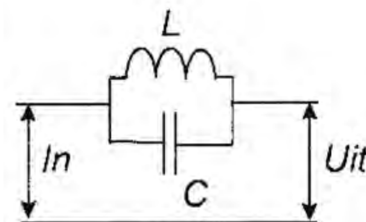


Fig. 10.07 Een voorbeeld van een bandsperfilter.

In figuur 10.8 is een overzicht gegeven van de frequentiekarakteristieken die behoren bij de behandelde vier soorten doorlaat- en sperfilters. De nummering 1 ... 4 komt overeen met de eigenschappen van de 4 schakelingen zoals getekend in de figuren 10.04 tot en met 10.07.

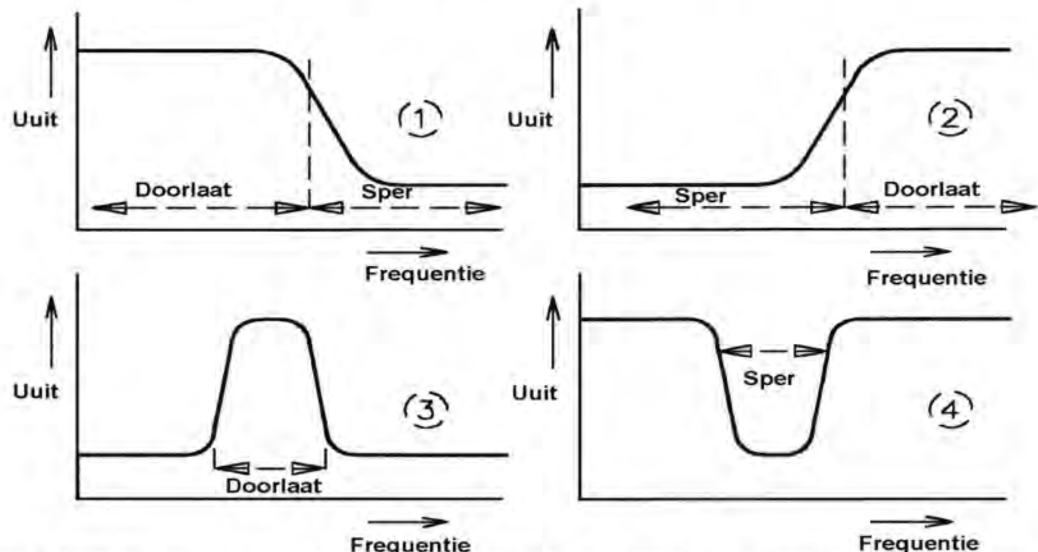


Fig. 10.08 De vier verschillende kenmerkende doorlaatkarakteristieken van filters. Er zijn geen waarden vermeld omdat ze voor iedere frequentie vervaardigd kunnen worden. 1. Laagdoorlaatfilter. 2. Hoogdoorlaatfilter. 3. Banddoorlaatfilter. 4. Bandsperfilter.

10.2.2 Kristal en kristalfilter

Als laatste frequentie bepalende elementen willen we de kristallen en de kristalfilters noemen, die al zijn vermeld bij het opwekken van een EZB signaal.

Kristal

Kristallen worden gemaakt van een bepaald materiaal (kwarts) waarvan een plakje gesneden wordt. Zodra er een wisselspanning op aangesloten wordt, beginnen zij op een bepaalde frequentie te trillen. Deze frequentie wordt door de afmetingen, vooral *dikte* van het plaatje, bepaald en is moeilijk te veranderen. Voordeel van het kristal is dat deze als frequentie bepalend element in een oscillatorschakeling een **zeer stabiele frequentie** oplevert, die niet zonder meer met LC-kringen behaald kan worden.

Kristalfilter

Schakelen we meerdere kristallen in een bepaalde schakeling samen, dan spreken we over een *kristalfilter*. Op deze manier kunnen we filters met een zeer smalle doorlaatband maken.
Er zijn filters voor CW, EZB en FM toepassing. De EZB filters hebben een doorlaatgebied van circa 3 kHz en verzwakken signalen daarbuiten zeer sterk. FM filters zijn meestal 12 of 15 kHz breed.



Fig. 10.09 Het symbool van een kristal en een aantal kristalfilters in een praktische uitvoering.

Er zijn ook kristallen die op frequenties rond 70 MHz. werken Deze kunnen o.a. worden toegepast in middenfrequentfilters van transceivers met een hoge eerste middenfrequentie.

10

10.3 Frequentie vermenigvuldiger [12])

Wanneer je een frequentie opwekt met een oscillator wil het nog niet zeggen dat je dan ook de juiste frequentie hebt. In voorgaande hoofdstukken hebben we gezien dat je frequenties kunt mengen en daardoor som en verschil frequenties kunt krijgen. Een andere manier is het vermenigvuldigen van een frequentie. Dit kan *twee-, drie- of vijf*maal zijn. Meer kan ook nog maar dan worden de verkregen signalen wel erg zwak. Bij zo'n vermenigvuldigtrap maken we gebruik van een afgestemde kring, die afgestemd is op één van de genoemde veelvouden

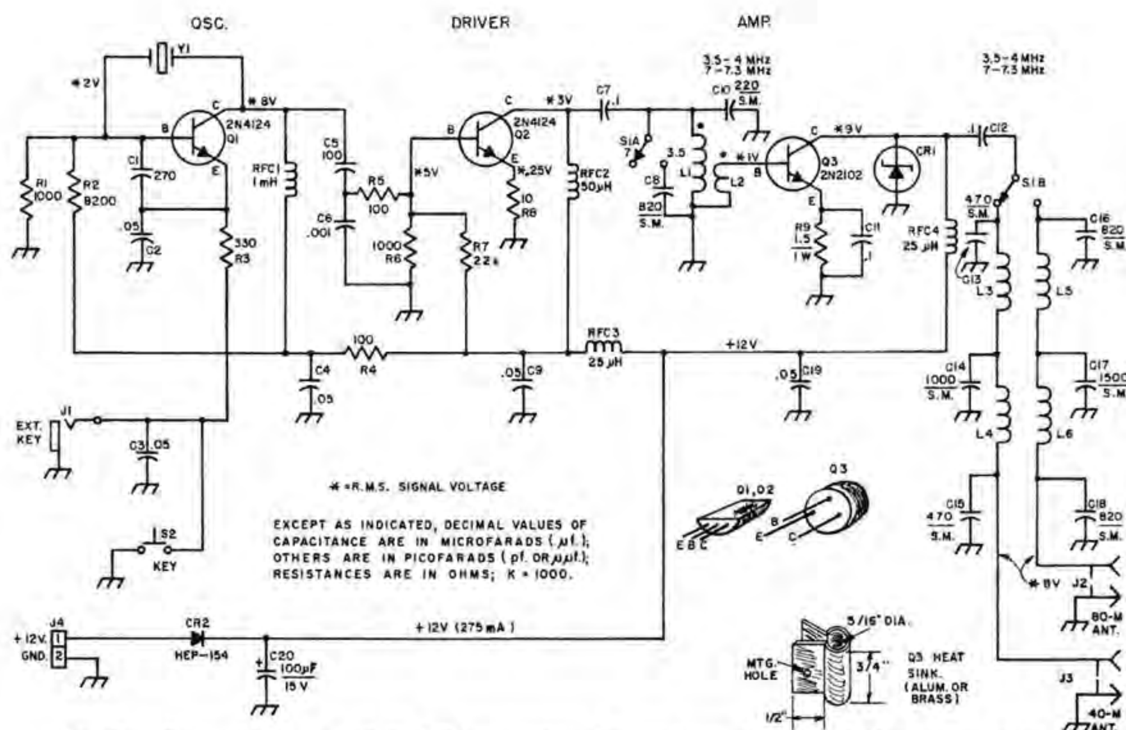
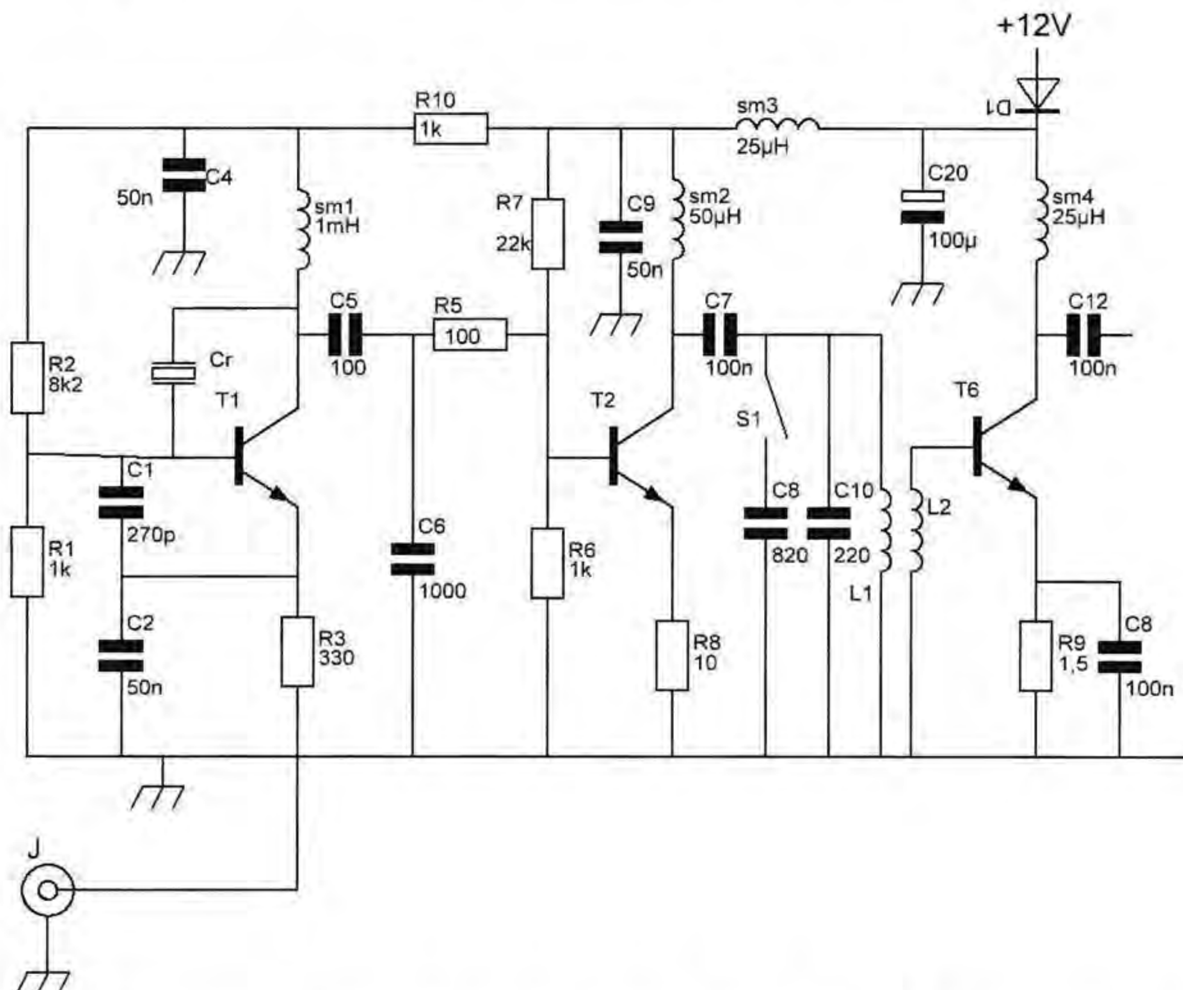


Fig. 2 — Schematic diagram of the QRP transmitter. Except as specified, fixed-value capacitors are low-voltage disk ceramic; polarized capacitors are electrolytic; SM = silver mica. Resistors are 1/2-watt composition. Voltages marked with an asterisk are rms rf (see text). Component identifiers not appearing in the parts list are for identification purposes on the etched-circuit board layout.

C1 — Feedback capacitor (value may require changing for best results from transistor used, depending on beta of Q1).
C5, C6 — For text discussion.
CR1 — 39-volt, 1-watt Zener diode (Sarkes Tarzian VR-39 or equiv.).
CR2 — Silicon, 50 PRV at 2 amperes (Motorola HEP-154 suitable).
J1 — Phone jack, open-circuit type.
J2, J3 — Phono jack.
J4 — Two-terminal male connector (microphone connector used here).
L1 — 2 µH; 25 turns No. 24 enam. space-wound to occupy entire Amidon T-50-2 toroid core.[1]
L2 — 12 turns small-guage insulated hookup wire wound over entire length of L1. Wind in same sense as L1.
L3, L4 — 13 turns No. 20 enam. wire to occupy
L5, L6 — 2 µH; 18 turns No. 20 enam. to occupy entire Amidon T-68-2 toroid core.
Q1, Q2 — 2N4124.
R2, R7 — Bias resistor. (Value may require modification for best results from transistor used, depending upon beta of Q1 and Q2.)
R5 — Parasitic-suppressor resistor. (May be omitted if stable operation of Q2 exists without it.)
RFC1 — 1-mH rf choke (Millen subminiature J300-1000 suitable. James Millen Mfg. Co., 150 Exchange St., Malden, MA.)
RFC2 — 50-µH rf choke (Millen 34300-50).
RFC3, RFC4 — 25-µH rf choke (Millen J-300-25).
S1 — Momentary spst push-button switch (Switchcraft 951 suitable).
S2 — Dpdt slide switch.
Y1 — 3.5 or 7-MHz crystal.

[12])
Dit kleine compacte Amerikaanse schema van een QRP zender hebben we uitgekozen omdat de in dit cursusboek beschreven principes daarin terug te vinden zijn.
Bron: The Radio Amateurs Handbook o.a. 1972 uitg. ARRL

In dit oude Handbook staat een schema dat heden ten dage nog steeds zeer goed bruikbaar is, daarin een kristaloscillator (Q1), werkend op 3,5 MHz, met een versterkertrap of driver (Q2) die *ook* als vermenigvuldiger dienst kan doen. Om het iets eenvoudiger te maken is een deel van het schema op Europese wijze getekend:



Figuur 10.11 Een deel van het schema van de QRP zender op Europese wijze getekend. J is de aansluiting van de morsesleutel.

In de oscillator zie je duidelijk de terugkoppeling van het uitgaande signaal van de transistor 1 via het kristal naar de basis terug. Het kristal vervult hier heel duidelijk de functie van een filter.

Het signaal komend van T1 wordt via de koppelcondensator C5 naar de basis van de driver gebracht. Door gebruik te maken van de niet ideale transistor T2 kunnen we nu het aantal signalen (harmonischen), zoals hiervoor beschreven, in de collectorleiding terug vinden. En dan is het verder een kwestie van juist filteren met behulp van een afgestemde kring in de collectorleiding.
Met een condensator C8 en schakelaar S1 kan op 3,5 MHz worden afgestemd. Als de schakelaar open is, is de kring op 7,0 MHz afgestemd met alleen condensator C10.

De smoorspoel 2 is nodig om een barrière te maken voor de HF-wisselstroom in de collector leiding. Deze heeft een lage weerstand voor de gelijkstroom die de transistor nodig heeft om zijn werk te kunnen doen.
De weerstanden R6 en R7 zijn te herkennen als basisinstelweerstanden. Deze dienen voor de juiste basisstroom instelling. Op de basis komt een spanning van circa 5 V te staan, zoals in het schema te lezen is.

Deze vermenigvuldigtrap heeft eigenlijk 3 functies:
a: Het versterken van het signaal dat door de oscillator opgewekt wordt.
b: Het scheiden van de oscillator van de vermogensversterker zodat de oscillator stabieler in frequentie-opwekking is.
c: Het vermenigvuldigen van de aangeboden frequentie.

In de eindversterkertrap zien we een tweetal omschakelbare kringen (één voor 3,5 MHz en de ander voor 7,0 MHz). Vanuit deze kringen gaat het eindsignaal naar de antenne.

De diode CR2 = D1 (50V - 2 A) zorgt ervoor dat wanneer je van de voeding de plus en min verwisselt er geen nare zaken gebeuren. Immers bij verkeerde aansluiting van de batterij staat deze diode in sperrichting aangesloten.

J1 stelt de aansluiting van een morsesleutel voor. Met de morsesleutel wordt de oscillator in- en uitgeschakeld (niet optimaal voor een stabiele frequentie).

In dit schema vinden we alle functies terug die men ook in gecompliceerde zenders aantreft. De vermogenstrap kan uitgebreider zijn voor een groter vermogen en er kunnen dan meer driver trappen aanwezig zijn. De stuur- of drivertrappen kunnen vermenigvuldigers zijn. Dit om bijvoorbeeld naar 144 MHz te komen.

Aantekeningen:

11 Veiligheid

In dit hoofdstuk zijn een aantal zaken die de veiligheid betreffen, bij elkaar gebracht. Soms is in een vorig hoofdstuk de veiligheid al ter sprake geweest, maar men kan met elektriciteit niet voorzichtig genoeg zijn.
Elektriciteit is een raar iets. Je kunt het niet **zien, ruiken,** of **horen**, alleen maar ***voelen***.

11.1 Het gevaar van stroom en spanning

Het menselijk lichaam is een zeer delicaat "instrument" dat gevoelig is voor elektrische stroom. Ons lichaam wordt vanuit het zenuwstelsel "gestuurd" door middel van kleine elektrische stroompjes. Het spreekt vanzelf dat als wij een grote stroom door het lichaam krijgen het mechanisme ontregeld raakt. Dit kan zover gaan dat er blijvende schade of zelfs de dood optreedt.

Ons lichaam bestaat voor het grootste gedeelte uit water waarin allerlei zouten en andere stoffen zijn opgelost. Het is dan ook een goede geleider voor elektrische stroom.
De weerstand van ons inwendige is tamelijk laag, zodat reeds bij lage spanning een stroom kan gaan lopen. De stroom ondervindt eigenlijk nog het meeste weerstand van de intacte huid, tenminste als die huid droog is. Bij schrikreacties gaan we echter zweten waardoor de weerstand van deze natuurlijke barrière snel afneemt.

Elektrische stroom kan ook gemakkelijk tot brandwonden leiden. Bij een grote stroomdoorgang bestaat het gevaar dat we onze spieren niet meer kunnen controleren. Er ontstaat ernstige kramp, waardoor je de draad of het gereedschap niet meer kunt loslaten. Bij nog hogere stromen bestaat de kans op blijvende beschadigingen aan het lichaam of de dood.

Spanningen onder de **60 volt** (wisselspanning) of **110 volt** (zuivere gelijkspanning) vindt men meestal ongevaarlijk. Maar wees ervan verzekerd dat indien je in een zeer vochtige omgeving staat, bijvoorbeeld tijdens een regenbui op het radio-pinksterkamp, je ook al een flinke schrik kan oplopen bij een spanning.
Bedenk daarbij dat de *schrikreactie* op zich ook weer gevaarlijke situaties kan opleveren (sta je op een aluminiumladder bijvoorbeeld). Of dat je in een val andere zaken meesleept.

Zorg ervoor dat als je spanning voerende delen aan moet raken, er geen elektrische stroom door je lichaam kan gaan. Bijvoorbeeld van je hand door je lichaam naar je billen, via de metalen stoel, waarop je zit, die op een grasveld (=geleidende vloer) staat. Of wat ook makkelijk kan gebeuren, van je hand naar je andere hand waarmee je op een ander *geaard* toestel of tegen een muur leunt.

Een zender waarin een eindtrap voorkomt die bedreven wordt uit een spanning hoger dan 42 volt dient dan ook zodanig te zijn geconstrueerd dat deze spanning nooit op de antenne kan komen te staan. Daarom **moet** de antenne "galvanisch" gescheiden 0zijn van de eindtrap. Dit kan op twee manieren:

a. *Door een goede koppelcondensator.* Daarbij brengen we op de antenne-uitgang van de zender nog een h.f.-smoorspoel naar aarde aan. Als er dan toch nog iets gebeurt wordt de voedingsspanning naar aarde kortgesloten en wordt de zekering in de voeding opgeblazen!

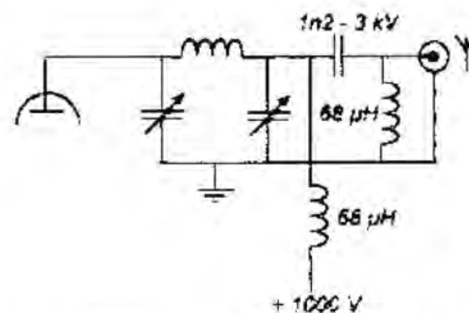


Fig. 11.01 Galvanische scheiding met condensator en een spoel naar aarde.

b. *Op VHF en UHF gebruiken we vaak een koppelspoel.* We noemen dit een *inductieve uitkoppeling.* Deze wordt gekoppeld met de eindkring van de zender. De mechanische constructie van de spoelen moet stevig zijn. Zo stevig dat het niet mogelijk is dat de spoelen elkaar kunnen raken of erg dicht bij elkaar komen.

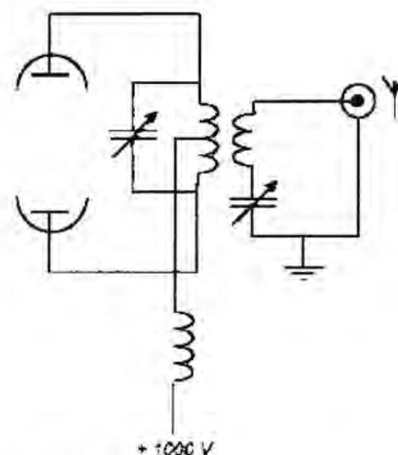


Fig. 11.02 Inductieve koppeling tussen zendereindtrap en antenne.

Het lichtnet heeft altijd spanning tegenover aarde, ook tegenover de *geel-groen* gekleurde veiligheidsdraad die zich in de elektrische installatie van je huis bevindt.
Raak je de spanningvoerende draad aan dan pak je 230 V tegenover aarde. Zorg er daarom voor dat je altijd goed geïsoleerd bent. Gebruik schoenen met goed voor elektriciteit isolerende zolen en een stoel die gemaakt is van isolatiemateriaal. Ook een werkblad van hout is aan te bevelen. Een *kunststof* werkblad is af te raden. Er kan statische elektrische spanning ontstaan, die schade kan toebrengen aan ic's en mosfets, Zorg er altijd voor dat als je met *gevaarlijke spanningen* werkt, je niet alleen bent. De ander kan in noodgevallen de spanning uitschakelen (stekker uit het stopcontact trekken) en verdere andere maatregelen treffen.
Zorg, als het kan, ook voor een hoofdschakelaar onder handbereik en laat iedereen in je omgeving weten waar die zit en waar die voor dient!
Ook hoogfrequente velden zijn niet zonder gevaar. Een E-M veld vertegenwoordigt immers energie. Internationaal heeft men een norm aanvaard die als veilig wordt aangenomen. Die norm is 10 mW/cm2. In de praktijk betekent dat, dat je nooit dichtbij stralende antennes moet gaan staan, zeker niet als het antennes zijn die een sterk richteffect hebben.

11.2 De veiligheidsdraad

De geel-groen gekleurde veiligheidsdraad, zie figuur 2.11, is met de aarde verbonden, via een aansluiting in de meterkast, en maakt daarbij deel uit van het elektriciteitsnet. Deze draad heeft daarbij een functie in **dat** net. Met andere woorden deze draad kun je ***niet*** gebruiken om als *bliksemafleider* te laten functioneren!
Gaat er nu in een elektrisch toestel een kleine lekstroom naar deze veiligheidsdraad dan zal de elektrische installatie uitgeschakeld worden. Dit uitschakelen wordt door de *aardlekschakelaar* in de meterkast verzorgd. Het opnieuw inschakelen van de installatie lukt dan alleen door van het desbetreffende apparaat de stekker uit de contactdoos te nemen.

11.3 Eisen die aan de behuizing gesteld moeten worden

Onder behuizing verstaan we het kastje waarin de apparatuur is ondergebracht. Maak je ventilatie gaten in een kastje, zorg er dan voor dat een naar binnen gestoken schroevendraaier of een naar binnen vallende metalen halsketting niet in aanraking kan komen met spanning voerende delen.
Meestal worden in kastjes ook transformatoren gebruikt. Maak het kastje dan zodanig dat de soldeerlippen, die op de trafo en netschakelaar zijn aangebracht, niet via de ventilatiegaten aangeraakt kunnen worden. In figuur 11.3 is getekend hoe een transformator met in acht neming van de veiligheidseisen kan worden aangesloten.

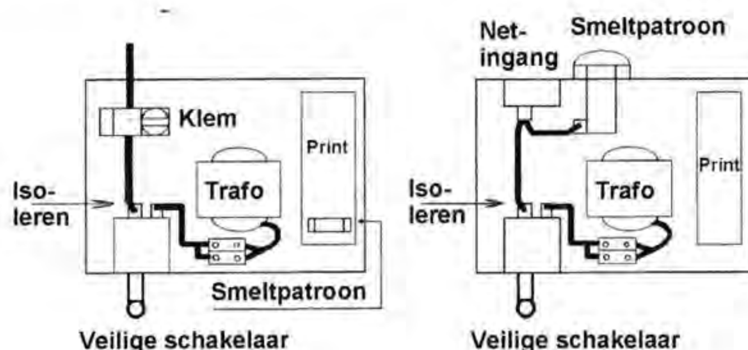


Fig. 11.03 De twee mogelijkheden voor het aansluiten van een apparaat op de netspanning

In principe mogen de in de figuren getekende netschakelaars enkelpolig zijn omdat alle getekende trafo's gescheiden wikkelingen hebben. Wanneer we ervan uitgaan dat deze trafo's kortsluitvast zijn, dan verklaart dat ook de afwezigheid van een primaire zekering. Als er een "gewone", niet kortsluitvaste trafo gebruikt wordt, dan is een primaire zekering noodzakelijk.

Men onderscheid twee klassen van toestellen, deze worden klasse 1 en klasse 2 genoemd. De toestellen voor klasse 2 kunnen een veel hogere testspanning doorstaan. De isolatie van de onderdelen tegenover de netspanning

11

is beter. Daarom moeten klasse 1 toestellen altijd een veiligheidsdraad bezitten die via de randaarde-aansluiting op de stekker verbinding maakt tussen de metalen delen van het toestel enerzijds en de veiligheidsaarde anderzijds.

De netschakelaar

Op een apparaat moet meestal een aan/uit schakelaar bevestigd zijn. Is er een transformator toegepast dan kan deze de primaire (netzijde) zijde aan /uit schakelen of men kan deze in de secundaire (meestal laagspanningszijde) zijde schakelen. Wordt aan de secundaire zijde geschakeld dan blijft het toestel altijd spanning behouden. Dit is alleen toegestaan als de voedingstransformator gescheiden wikkelingen heeft en het verbruik van het toestel in de "uit"-stand niet meer dan 10 W bedraagt. Wel moet er voor zijn gezorgd dat dit duidelijk zichtbaar is (bijvoorbeeld door middel van een LED) wanneer de netspanning aanwezig is en dus de steker in het stopcontact zit.
Er is **geen** netschakelaar vereist als het opgenomen vermogen bij normaal gebruik niet meer dan 10 W bedraagt of het toestel bedoeld is voor continubedrijf (klok, antenneversterker).

Smeltveiligheden en spoelen, condensatoren en weerstanden voor storingsonderdrukking hoeven echter niet te worden uitgeschakeld. Hoewel het niet verplicht is, is het in dit verband wel aan te bevelen om een primaire zekering voor de schakelaar te monteren. Een defecte netschakelaar en eventueel ontstoringsfilter zijn dan ook beveiligd.

Bij de bedrading van het 230 V gedeelte moet men zeer zorgvuldig te werk gaan. Gebruik netsnoer of montagesnoer van minimaal 0,75 mm2, met dikke isolatie. De draden moeten ook mechanisch stevig zijn bevestigd alleen solderen en los laten hangen is niet voldoende. De draad dient door een soldeeroogje gestoken te worden, vervolgens ombuigen en dan solderen. Ontbreken de soldeeroogjes dan kan je na het solderen een extra versteviging aanbrengen met krimpkous. Ook het gebruik van kabelschoentjes die met een speciale tang worden dichtgeknepen is zeer geschikt. De draden van het netsnoer mogen nooit direct op de print vast gesoldeerd worden. Wie een klasse 1 apparaat bouwt, moet ook speciale aandacht besteden aan de randaarde. Gebruik een geel/groene geïsoleerde draad, die zo lang moet zijn dat, als aan het snoer wordt getrokken, de aarddraad als *laatste* los laat. Ook is het beter om direct een goede trekontlasting te maken. Gebruik daarvoor een stevig beugeltje dat goed aan het chassis vastgeschroefd zit.

De *randaarde* moet deugdelijk zijn verbonden met alle elektrisch geleidende delen die aanraakbaar zijn. "Deugdelijk" kan dus inhouden dat bijvoorbeeld de frontplaat wel degelijk moet worden voorzien van een eigen aarddraad die met de binnenkomende randaarde is verbonden. Is de frontplaat met metalen schroeven en metalen delen verbonden met een deel van de behuizing dat al geaard is, dan kan dat achterwege blijven omdat er dan al een goed geleidende

verbinding is. Let vooral ook op metalen delen van potmeters of schakelaars. Ook die mogen geen gevaar voor aanraking opleveren.

Bij professionele apparaten zie je steeds diverse opschriften. Verplicht zijn:
• bij elke zekering (ook als die op een print zit) moet de nominale stroom waarde staan vermeld en of het een snelle (F) dan wel een trage (T) veiligheid moet zijn.
• de aansluitspanning staat aan de buitenzijde van het apparaat vermeld, dus 230 V of 12 V. Zet er dan tevens bij of het voor wisselspanning (~) of voor gelijkspanning (=) bedoeld is.

Ook is het handig, wanneer het een nagebouwd apparaat is, om functie en schemabron te vermelden.

De printplaat
Een nadeel van een printplaat is dat hij er zo onschuldig uitziet en het is het beste dat dit inderdaad ook zo is en blijft. Met andere woorden maak nooit en te nimmer blanke sporen op je print waarop de lichtnet- of andere hoge spanningen staat. Gebruik hiervoor geïsoleerd draad. Scherm hoge spanning voerende soldeerverbindingen af, zodat ze nooit aangeraakt kunnen worden. Gebruik bijvoorbeeld voor het aansluiten van een transformator een kroonsteentje.
Ook de aansluitingen van een net-entree dienen afgeschermd te worden met isolatie-materiaal.

11.4 Beperking van het zendvermogen (als dat kan)

Onze zender produceert via het door de antenne uitgestraalde signaal een **elektromagnetisch veld**. De sterkte van dit veld is evenredig met het door de zender opgewekte zendvermogen.
Een elektromagnetisch veld heeft invloed op het menselijk lichaam. Er moet worden voorkomen dat mensen (te lang achtereen) worden blootgesteld aan een te hoge veldsterkte, hoewel daarvan bij de door radioamateurs gebruikte installaties in de meeste gevallen geen sprake zal kunnen zijn en zeker niet bij N-vergunninghouders. Wel zou ik altijd oppassen met leidingen en open apparatuur die in de hobbyruimte E-M straling kunnen veroorzaken, omdat men er vlak naast kan zitten of zelfs met de handen kan aanraken.
In het *Vademecum voor de Nederlandse Radio-amateur* (uitgave van het VERON Servicebureau) wordt een nadere toelichting gegeven op de veiligheidsnormen die gelden ten aanzien van de blootstelling aan elektromagnetische velden. Er is ook een voorbeeld om de **veilige afstand** te berekenen als de frequentie, het zendvermogen en de antenneversterking bekend zijn. Er zijn eisen aan: "Blootstelling aan Electromagnetische velden"(EMF) zoals dat officieel heet. Er zijn ook computerprogramma's in omloop waarmee men dit kan berekenen.

11.5 Een goede "aarde"

In de elektronica gebruiken we een tweetal begrippen die nogal eens voor verwarring zorgen. We doelen op de begrippen *massa* en *aarde*.

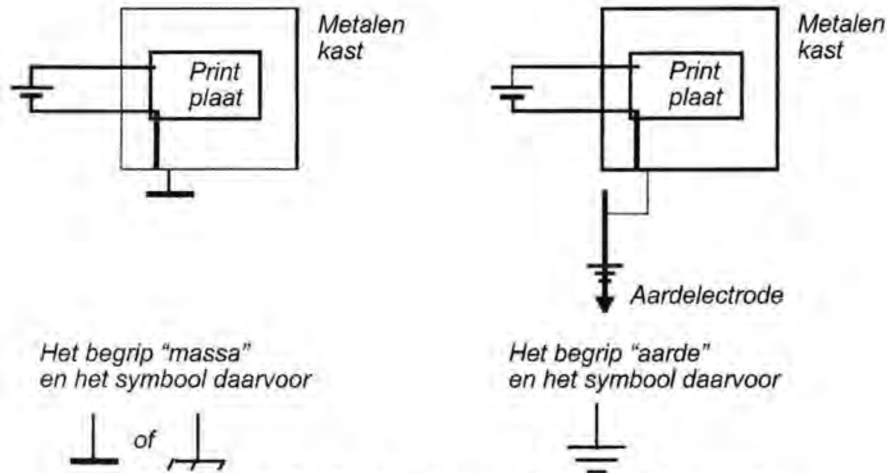


Fig. 11.04 De begrippen "massa" en "aarde".

Massa

Voeden we een transistorontvanger door middel, van batterijen dan zal het duidelijk zijn dat deze ontvanger niet "geaard" is.
Meestal is op de print een breed spoor aanwezig waarop één van de polen van de voeding (meestal de minpool) aangesloten is. Vervolgens is dit spoor verbonden met de metalen delen van bijvoorbeeld de omhullende kast. Deze gemeenschappelijke verbinding noemen we de ***massa*** aansluiting.

Aarde

Nu is het mogelijk om deze massa via het netsnoer met de randaarde van de contactdoos te verbinden. Deze "randaarde" is verbonden met de aardelektrode (of de wapening in een betonskelet van het huis) die in de aarde geplaatst is. Meestal plaatst men deze aardelektrode in de waterleidingput en deze wordt dan direct met de waterleiding verbonden.
Voor een kortegolfzender hebben we deze "aarde" vaak nodig als tegenpool voor de antenne. Zeker als er gebruik gemaakt is van een eindgevoede antenne. Toch is het beter om een aparte aarddraad aan te leggen vanuit de meterput van de waterleiding naar de zender en geen gebruik te maken van de randaarde aansluiting van de wandcontactdoos. Dit omdat de aarddraad nogal veel omzwervingen in je huis kan maken en daardoor voor andere ellende kan zorgen.

Wanneer er een koperen waterleidingtoevoerbuis in huis is gebruikt kun je die heel goed als aardleiding gebruiken, maar gebruik deze leiding **nooit** voor bliksembeveiliging. Zie ook paragraaf 11.6 over onweer.

11.6 Onweer

Bij onweer moeten we aan twee zaken denken:
a. Een directe blikseminslag op de antenne of de antennemast.
b. Een bliksemontlading in de nabijheid.

Directe inslag
Een directe inslag op een antenne of een antennemast kan men nooit voorkomen.
Het probleem is wat er met de elektrische lading moet gebeuren die de antenne treft. Deze elektrische lading moet zo snel mogelijk direct naar aarde worden afgevoerd. Om dit te bereiken heeft men een aardelektrode nodig en de verbindingsleiding van antenne naar deze elektrode moet zo kort mogelijk zijn en daarbij zo min mogelijk bochten bezitten. Ook moeten eventuele bochten in deze leiding van bepaalde afmetingen zijn. Er moet voorkomen worden dat de elektrische lading van de verbindingsdraad afvloeit en zijn weg via de natte gevel van een huis verder zoekt. In dat geval kan er grote schade optreden.
Vergeet niet dat het bij een directe inslag om honderden ampères gaat.
Gelukkig zijn er weinig van deze verwoestende inslagen tot nog toe gemeld, maar het kan toch een keer gebeuren. Kijk maar eens hoe men het een en ander bij elektriciteitsmasten en gebouwen heeft uitgevoerd. Het mag duidelijk zijn dat *nooit* de aardleiding van het lichtnet voor deze toepassing gebruikt mag worden. Zie hiervoor ook paragraaf 2.5.



Fig. 11.05 Voorbeeld van een statische ontlading en de omgeving.

Ontlading in de nabijheid
Een ontlading gaat meestal gepaard met een bliksemstraal en mogelijk hebt je al eens gezien dat deze bliksem van wolk naar wolk kan gaan. Ook is het mogelijk dat de bliksem van aarde naar een wolk gaat en ook omgekeerd is het geval. Zien we een bliksem gaan, dan bevinden we ons op dat moment in het elektromagnetische veld van deze bliksemstraal. De duur van de bliksemstraal is vrij kort maar wel hevig. In alle metalen delen die zich in dat E-M-veld bevinden worden nu elektrische stromen opgewekt. Deze elektrische stromen

11

kunnen nu de transistoren en ic's beschadigen. Je moet hierbij bedenken dat de bedrading van een apparaat of de aansluitsnoeren als antenne werken. Daarom is het ook beter om de antenne los van je apparatuur te maken indien er een onweersbui in de buurt is. Het is dan onmogelijk dat de in de antenne opgewekte spanning je apparatuur treft. Aan de antenne zelf kunnen we een overspanningsbeveiliging maken, dit kan een neonlampje zijn, dat met aarde verbonden is. Wordt de spanning op de antenne te hoog dan zie je het lampje even oplichten en de elektrische lading is weggevloeid. Dit geeft echter geen enkele bescherming tegen een directe inslag.

De materie van bliksemafleiding is gecompliceerd wil je er meer van weten raadpleeg dan een specialist op dit gebied. Verzekeringsmaatschappijen stellen ook eisen aan de bouw van een mast in je tuin of op het dak van je huis!

Aantekeningen:

11.7 Aanbevelingen voor veilig bedrijf van een radio-amateurstation

1. Alle apparatuur moet zijn aangesloten via één (hoofd)schakelaar. Deze moet in geval van nood door een leek kunnen worden bediend. De schakelaar moet duidelijk zichtbaar zijn opgesteld en de functie van de schakelaar moet duidelijk zijn aangegeven.

2. Alle apparaten, die niet uitgevoerd zijn met een volledig geïsoleerde kast/behuizing, moeten deugdelijk worden geaard.

3. Alle transformatoren die bestemd zijn te werken met een spanning hoger dan 100 V moeten voorzien zijn van een afscherming tussen de primaire en de secundaire wikkeling. Ook moeten ze voorzien zijn van een zeer deugdelijke isolatie tussen deze wikkelingen.

4. Leidingen voor spanningen >500 V moeten voorzien zijn van extra isolatie.

5. Condensatoren, die gebruikt worden voor hoge spanningen moeten voorzien zijn van ontlaadweerstanden.

6. Condensatoren, die gebruikt zijn voor hoge spanningen moeten worden opgeborgen met kortgesloten aansluitklemmen.

7. Apparaten moeten voorzien zijn van indicatielampen, die aangeven dat een apparaat ingeschakeld (werkend) is.

8. In apparaten moet de schakelaar voor netspanning dubbelpolig zijn uitgevoerd.

9. Deuren of deksels van apparaten, waarin hoge spanningen voorkomen moeten voorzien zijn van contacten, die de spanning van het apparaat uitschakelt wanneer een deksel of deur geopend wordt.

10. Gebruik van een dikke rubbermat als de vloer niet echt droog is.

11. Als er in een apparaat een wijziging moet worden aangebracht, moet het apparaat eerst spanningsloos worden gemaakt.

12. Voor het afregelen van in bedrijf zijnde apparaten moet zeer goed geïsoleerd gereedschap worden gebruikt. Men moet daarbij met één hand werken. Houdt de andere hand daarbij op een plaats waar geen contact met aarde of een geleidend onderdeel mogelijk is.

13. *Uitgaande leidingen mogen onder geen enkele omstandigheid een hoge spanning kunnen krijgen. Dat geldt in het bijzonder voor leidingen naar antennes, luidsprekers, hoofdtelefoons of seinsleutels.*

11.8 Antennes: veiligheid en regelgeving

Aanrakingsgevaar
Vooral bij toepassing van grotere vermogens kan de spanning op de antenne aanzienlijk toenemen, tot enkele honderden volts. Vooral op de punten waar de stroom minimaal en de spanning maximaal is. Dit is bijvoorbeeld het geval aan het einde van de stralers van een dipool. Hang of plaats antennes daarom altijd zo hoog dat deze niet door omstanders kunnen worden aangeraakt.
Dit geldt in het bijzonder als de antennes zich (al dan niet gedeeltelijk) buiten het eigen perceel bevinden.
In het algemeen voor antennes hoe hoger, hoe beter. Dus zowel t.a.v. de veiligheid maar ook de goede werking van de antenne zelf.

Paragraaf 11.1 geeft enkele praktische oplossingen om te voorkomen dat de antenne in verbinding komt met de hoogspanning in de eindtrap.

Mechanische constructie
Antennes en antennemasten moet zodanig worden geconstrueerd en bevestigd dat ze geen gevaar kunnen opleveren voor de omgeving. Gebruik goede materialen en gebruik het juiste gereedschap. Ook bij (zeer) zware storm mogen delen van de antenne niet loslaten, laat staan dat de hele antenne het begeeft. Let derhalve op de *windbelasting* van de antenne of mast. Zorg zo nodig voor goede tuien. Let er bij plaatsing van antennes op dat deze nooit in aanraking kunnen komen met bovengronds spanningvoerende leidingen.

Blootstelling aan elektromagnetische velden
In paragraaf 11.4 wordt in gegaan op de maatschappelijke aspecten van het zendvermogen. Het is heel zinvol om voor de antenne(s) zodanige opstelplaatsen te kiezen dat de afstand tot omwonenden zo groot mogelijk is. Daardoor wordt de elektromagnetische veldsterkte, in de gegeven omstandigheden, op die plaatsen minimaal. Dat geldt in het bijzonder voor antennes met een (zeer) grote versterkingsfactor (Gain) en/of de toepassing van de maximaal toegestane vermogens. Ook door de hoogte kan deze invloed worden verminderd. Dit geldt in het bijzonder voor antennes met een grote versterkingsfactor.
Door de hoogte is de veldsterkte in de onmiddellijke omgeving op de grond minder dan bij een geringe opstelhoogte. Er zijn computerprogramma's om dit nauwkeurig zelf te kunnen uitrekenen. Zie ook het artikel in het Vademecum voor de *Nederlandse Radio-amateur*

Vergunning voor plaatsing
Er kunnen eisen worden gesteld aan de plaatsing van antennes, bijvoorbeeld doordat omwonenden bezwaar maken. Niet alle antennes kunnen vergunningsvrij worden geplaatst. Deze materie wordt behandeld in het boek *Amateurradioantennes - een juridische leidraad.* Een uitgave van de VERON.

12 Storingen, voorkomen en opheffen

In dit hoofdstuk bekijken we hoe storingen kunnen ontstaan en hoe we ze kunnen opheffen. Beter is het echter om vooraf maatregelen te nemen waardoor storingen worden voorkomen.

12.1 De storing veroorzaker

Het kan gebeuren dat een zendamateur tijdens het zenden geconfronteerd wordt met een klacht van een boze buurman (of buurvrouw). Er wordt gemeld dat er vreemde geluiden komen uit hun audioapparatuur, het elektronisch orgel of de telefoon. Er kan ook sprake zijn van een verstoord TV-beeld. Want een apparaat dat voor zijn werking afhankelijk is van elektronica, kan op een ongewenste manier reageren op de (grote) veldsterkte die in de directe omgeving van een zendantenne kan optreden. In de meeste gevallen hebben we dan een probleem. Bij storing veroorzakende apparatuur geldt de gulden regel: "dat er ontstoort moet worden bij de bron". Voor zendamateurs is de storingsbron de *zender*. Deze moet in de eerste plaats een "schoon" signaal produceren. Om dit te bewerkstelligen zijn er enige maatregelen nodig.

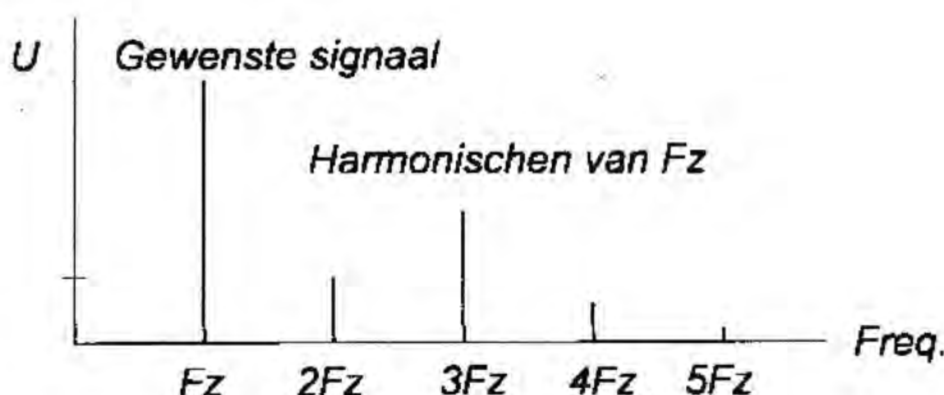


Fig. 12.01 Fz is de frequentie waarop wordt uitgezonden. 2Fz ... 5Fz zijn de ten onrechte uitgezonden 2e t/m 5e harmonischen van het zendsignaal.

12

Het uitstralen van ongewenste signalen moet zoveel mogelijk worden voorkomen. Hieronder vallen alle mengproducten en harmonischen en ook parasitaire signalen die kunnen optreden indien een eindtrap verkeerd is afgeregeld en zelf gaat oscilleren.
Deze ongewenste signalen kunnen vallen in het gebied waarop bijvoorbeeld een AM, FM of TV ontvanger is afgestemd. Afhankelijk van de aard en oorzaak van de uitstraling kan hieraan wat worden gedaan door bijvoorbeeld het:

• afschermen van de zender, waardoor er geen signalen van bijvoorbeeld oscillatoren en verdubbeltrappen direct naar buiten kunnen komen;

• toepassen van voldoende filtering in de verschillende delen van de zender en afscherming ervan om onderlinge beïnvloeding te voorkomen;

• goed ontkoppelen van voedingsspanningen met doorvoercondensatoren en filters;

• toepassen van een goed laagdoorlatend filter in de eindtrap;

• plaatsen van een extra filter in de antenneleiding om harmonischen van het zendsignaal extra te onderdrukken.
Een eerste vereiste is ervoor te zorgen dat onze eigen zendapparatuur voldoet aan de technische eisen die in de voorschriften staan. Je kunt ervan uitgaan dat dit bij de meeste fabriekszenders/ontvangers zeker het geval is.

Gebruik verder niet meer zendvermogen dan noodzakelijk is voor de verbinding, ook al staat de machtiging meer toe. Veel storingsproblemen ontstaan door het gebruik van (te) grote vermogens in een dicht bebouwd gebied.

Verder dien je ervoor te zorgen dat de antenne straalt en niet de voedingslijn. De voedingslijn ligt meestal veel dichter in de buurt van apparatuur van huisgenoten of buren dan de antenne zelf. Als de voedingslijn een **coaxiale kabel** is, dan moet ervoor gezorgd worden dat er geen hoogfrequente stroom aan de buitenkant van die kabel loopt. Dat is te bereiken door de kabel via een z.g. *balun* met de antenne te verbinden en ervoor te zorgen dat de staandegolfverhouding in de kabel laag is.

De voedingslijn kan ook een **open tweedraadslijn** zijn. Zo'n lijn straalt niet als de stromen in de beide draden gelijk en tegengesteld zijn en de afstand tussen de draden zeer klein is t.o.v. de golflengte. Aan de eerste voorwaarde is voldaan als de lijn een **symmetrische** antenne voedt waarvan de symmetrie niet door de aanwezigheid van grote metaaloppervlakken wordt verstoord.
De open voedingslijn van een asymmetrische antenne straalt meestal wel. En met een enkele draad als antenne, doet hij dat zeker! Het werken met zo'n draadantenne, gevoed via een antennetuner, moet dan ook worden afgeraden.

12.2 Storing onderdrukken bij de klager

Natuurlijk kan het gebeuren dat er bij de technische installatie van een klager ook problemen zijn. Blijf in zo een situatie altijd vriendelijk en probeer of het mogelijk is dat de fabrikant van het apparaat een modificatie kan aanbrengen. Dit is voor ieders gemoedsrust vaak de beste oplossing. Lukt het niet dan is het misschien mogelijk om zelf enige actie te ondernemen.

De storing zal over het algemeen door één van de volgende drie mogelijkheden worden veroorzaakt:

1. het binnendringen van h.f. signalen via de antenne ingang;
2. het beïnvloeden van de goede werking door h.f. signalen die binnendringen via andere aangesloten leidingen, zoals l.f. ingangen voor CD, platenspeler etc. en luidspreker uitgangen of het netsnoer;
3. directe instraling op de elektronica (printplaat).

Meestal zullen de genoemde problemen afnemen bij een vermindering van het zendvermogen.

De problemen die zijn genoemd bij punt 1 hebben over het algemeen te maken met het probleem dat we "*interferentie*" noemen. Er komt een hoogfrequent signaal in de ontvanger binnen dat interfereert met het gewenste signaal of dat het signaal de ontvanger "dicht drukt". Dit laatste wil zeggen dat de ontvanger ongevoelig(er) wordt.

De problemen die zijn genoemd bij punt 2 en 3 hebben te maken met het probleem dat we "*laagfrequentdetectie*" of "*laagfrequent inpraten*" noemen. Dit probleem komt meestal voor bij CW, AM en EZB signalen. Niet, of in veel mindere mate, bij FM signalen.
Het ontstaat als een E-M veld waarvan *de amplitude* varieert (in het ritme van de morse tekens of de spraak modulatie) in een elektronisch apparaat binnendringt (via een leiding of door directe instraling). Als een groot signaal op een z.g. niet-lineair element (transistor, diode, ic) terecht komt, kan dit element als detector gaan werken. Ontstaat dit gedetecteerde signaal in een l.f. versterker, dan zal dit apparaat dit (stoor)signaal en het gewenste signaal verder versterken en door elkaar heen hoorbaar maken.
Is de storende zender een AM zender, dan kunnen we het "storende" signaal woordelijk verstaan.
Is het een CW signaal, dan hoor je meestal alleen "plop"signalen tengevolge van het in- en uitschakelen van de zender in het ritme van de morsetekens.
Bij gebruik van een EZB zender, hoor je een onverstaanbaar "gereutel", maar wel in het ritme van de spraak.

Zoals in het overzicht al even kort werd aangegeven kan de ongewenste beinvloeding van een apparaat op diverse manieren ontstaan. Afhankelijk van de oorzaak kun je de volgende maatregelen tegen de storing treffen.

12.2.1. Bij ontvangtoestellen via de antenne(-ingang)

Het kan zijn dat het zendersignaal een grote ingangsspanning veroorzaakt. Wanneer de selectiviteit van het apparaat voor grote signalen dan niet voldoende is, kunnen we problemen krijgen. Een filter in de antenne ingang, dat jouw zendsignalen niet doorlaat, kan in zo'n geval een oplossing bieden. Zo'n filter kan zijn een:

- seriekring naar massa (die het ongewenste zendersignaal kortsluit);
- laagdoorlaatfilter, een hoogdoorlaatfilter, of een banddoorlaatfilter voor de gewenste frequenties;
- een bandsperfilter dat alleen het ongewenste zendersignaal tegenhoudt.

Wat het beste kan worden toegepast is afhankelijk van de frequenties waarop je uitzendt en waarop het gestoorde apparaat moet ontvangen. De komst van kabeltelevisie en het verdwijnen van eigen buitenantennes voor TV en radio-omroep heeft veel voordeel gehad. Het gaf een forse vermindering van dit soort storingen.

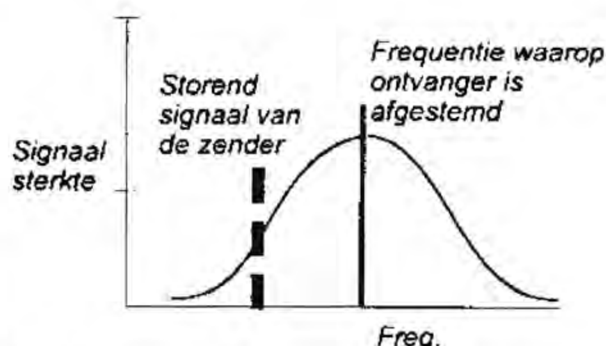


Fig. 12.02 Doorlaatkromme van een ontvanger. Een sterke zender valt nog net binnen het ontvanggebied.

Plaats je zendantenne altijd zodanig dat de afstand tussen deze antenne en eventueel aanwezige (en nog gebruikte) ontvangantennes zo groot mogelijk is. Hoe groter de afstand hoe minder stoorsignaal de ontvanger zal bereiken.

12.2.2. Stoorsignaal komt binnen via andere aangesloten leidingen

Onder bepaalde omstandigheden gaan de snoeren aan de in- en uitgangen van de apparatuur functioneren als ontvangantennes voor de signalen van onze zender. Berucht zijn lange luidsprekersnoeren van versterkers.
De hoogfrequente stromen die hierdoor in de snoeren gaan lopen, kunnen worden onderdrukt door geschikte filters. Bijvoorbeeld ferrietringen waaromheen de snoeren worden gewikkeld. Hierdoor ontstaat een hoge weerstand voor het hoogfrequente signaal.

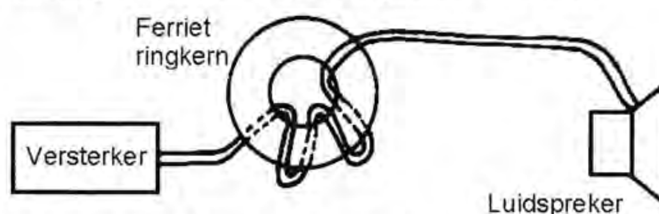


Fig. 12.03 Ringkern in de luidsprekerleiding.

Ook kunnen de leidingen ontkoppeld worden met condensatoren van een goede waarde. Dit moet echter niet klakkeloos gebeuren. Door het aanbrengen van ontkoppelcondensatoren kunnen namelijk andere nadelige effecten in de schakeling optreden.
Onder invloed van de Europese normen op het gebied van EMC (zie verder) is de apparatuur die in de handel wordt gebracht de laatste jaren een stuk beter geworden.

3. De storing ontstaat door directe instraling
Dit is meestal geen eenvoudig probleem en het oplossen ervan moet dan ook worden overgelaten aan een specialist. Het beste is contact op te nemen met de leverancier van het apparaat, die meestal beschikt over service-informatie, waarin staat aangegeven wat er aan gedaan kan worden.
Ook hier geldt dat de apparatuur de laatste jaren sterk verbeterd is door de gunstige werking van de Europese normen.

Algemeen
In het algemeen zijn de meeste storingsproblemen achteraf op te lossen door filteren, ontkoppelen en/of afschermen. Beter is het natuurlijk om de immuniteit bij het ontwerpen van het apparaat in te bouwen. Wat dat betreft worden er tegenwoordig gelukkig steeds stringentere eisen gesteld. De Nederlandse wetgeving is op dit gebied aangepast aan de EEG EMC[13] Richtlijn die eist dat alle elektronische apparatuur aan *emissie-* en *immuniteitseisen* moet voldoen.
Een maat voor de immuniteit is de elektrische veldsterkte die een apparaat kan weerstaan, zonder merkbaar slechter te gaan functioneren.
Consumenten apparatuur moet bestand zijn tegen een veldsterkte van 3 V/m en professionele apparatuur tegen 10 V/m.

Is de veldsterkte ter plaatse van het gestoorde apparaat lager dan de grenswaarde en is er toch sprake van storing, dan wordt het apparaat onvoldoende geïmmuniseerd geacht en heeft de klager geen recht op bescherming.

Meestal is het voor de eigenaar van het gestoorde apparaat echter onbegrijpelijk dat de storing het gevolg is van een onvolkomenheid in **zijn** apparatuur.
De zendamateur wordt als de boosdoener gezien. Daarom vereist het oplossen van een storingsprobleem veel tact. Een goede verstandhouding met de gestoorde buur is daarbij van groot belang.
Volg bij storing de richtlijnen op, die vermeld zijn in het VERON Vademecum voor de Nederlandse radio-amateur en ga ook eens te rade bij een collega-amateur. Of neem contact op met de VERON Immunisatiecommissie die ingesteld is om de leden advies te geven op dit gebied.

[13] EMC staat voor Elektromagnetische Compatibiliteit en heeft betrekking op ongewenste uitstralingen door apparatuur en ongewenste beïnvloeding van apparatuur door E-M velden.

12.3 De veldsterkte van een zender

Al eerder kwam het begrip veldsterkte aan de orde. Wat houdt dat begrip in?

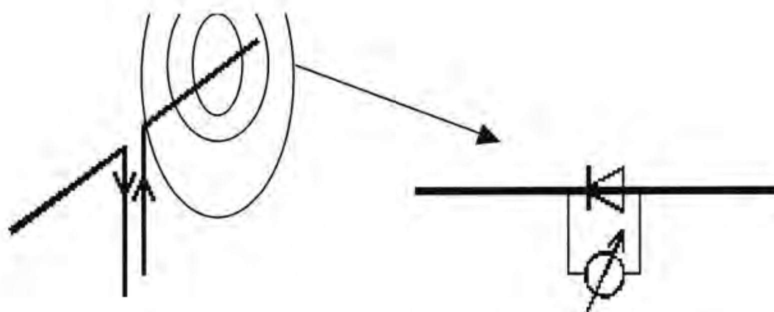


Fig. 12.04 Stroom in de zendantenne veroorzaakt een veldsterkte. Deze veroorzaakt op zijn beurt een stroom in een ontvangantenne.

Vanuit de zender gaat er een elektrische stroom naar de antenne. Hoe meer stroom hoe groter het uitgestraalde E-M veld is. Maar dit is niet de enige factor. Bijvoorbeeld bij de Yagi-antenne hebben we gezien dat het E-M veld te bundelen is. In een radar antenne wordt alle energie in een zeer smalle bundel geplaatst. Het totale vermogen kan dan wel klein zijn, maar de veldsterkte in de bundel erg hoog.
We kunnen dit E-M veld meten en spreken dan over de *veldsterkte*.
Dit veld is met een in principe eenvoudig apparaatje vast te stellen. Wil je het professioneel doen dan gebruik je een speciale geijkte meetontvanger. Wel heb je meestal daarbij een helper nodig. Met het apparaatje ga je op enige afstand van de zender staan en je meet een bepaalde signaalsterkte die door de meter wordt aangegeven. Door het verdraaien van je richtantenne zie je de intensiteit van het E-M veld toe- of afnemen doordat de meter meer of minder uitslaat. Door je te verplaatsen is duidelijk waar te nemen dat er samenhang is tussen de veldsterkte en de afstand tot de zendantenne.

De veldsterkte wordt aangegeven in volt per meter, afgekort als **V/m**. Men komt tot deze eenheid omdat men als standaard de spanning meet die een EM veld heeft in twee meetpunten die op 1 m van elkaar in het golffront liggen. Praktisch doet men dit door een meetantenne te gebruiken die precies één meter lang is. Uiteraard is deze spanning op enige afstand van de antenne laag en zal men de gemeten waarde in milli- of microvolt per meter uitdrukken (mV/m of μV/m).
Officiële instanties zullen meestal gebruik maken van de exacte veldsterkte. Voor amateurs is het meestal belangrijker te weten of de veldsterkte in een bepaalde situatie meer of minder is dan in een andere situatie.

Wil je experimenteren op dit interessante terrein, kijk dan eens in het "ARRL Antenna book" of het Antennenbuch van Rothammel (zie literatuurlijst).

12.4 Je eigen apparatuur als storingsbron

Om elke draad die een hoogfrequent stroom vervoert, bevindt zich een E-M veld. Dit houdt in dat iedere draadje of printspoor een storingsbron kan zijn.

Het grote probleem is dat we altijd versterkers gebruiken.
Het ingangssignaal van een versterker wordt altijd velen malen versterkt. Er is dan ook maar een klein deel van het uitgangssignaal nodig, terug naar de ingang van de versterker, om de versterker als oscillator te laten functioneren. Een voorbeeld op laagfrequent terrein is het bekende "rondzingen" in een zaal. Daarin komt een klein deel van het signaal uit de luidspreker terecht in de microfoon, deze versterkt het inkomend signaal.
Gebeurt dit dan neem je een gegil uit de luidsprekers waar. Het systeem werkt als een oscillator die een laagfrequente toon opwekt.
Dit "rondzingen" kan ook bij hoge frequenties gebeuren en er worden dan signalen uitgezonden op frequenties waarop dit niet mag.

Daarom moeten er maatregelen genomen worden om dit effect te voorkomen. Dit doe je door afschermen. We onderscheiden een tweetal mogelijkheden:
a: we kunnen een eigen signaal hebben dat storing op de printplaat of bedrading veroorzaakt. Vooral spoelen die voor een sterk E-M veld zorgen kunnen de dader zijn.
b: het uitgangssignaal veroorzaakt storingen op de kabels die op de apparatuur zijn aangesloten. Zo kan het mogelijk zijn dat er vanaf de antenneleiding een beetje hoogfrequent je microfoonkabel treft, die het vervolgens versterkt.

Mogelijke oplossingen en vooraf te nemen maatregelen
Uit het principe mag duidelijk zijn dat we moeten voorkomen dat de versterkeruitgang de ingang kan "zien". Daarom plaatsen we versterkertrappen in compartimenten maar zodanig dat de uitgang in een ander compartiment zit dan de ingang.

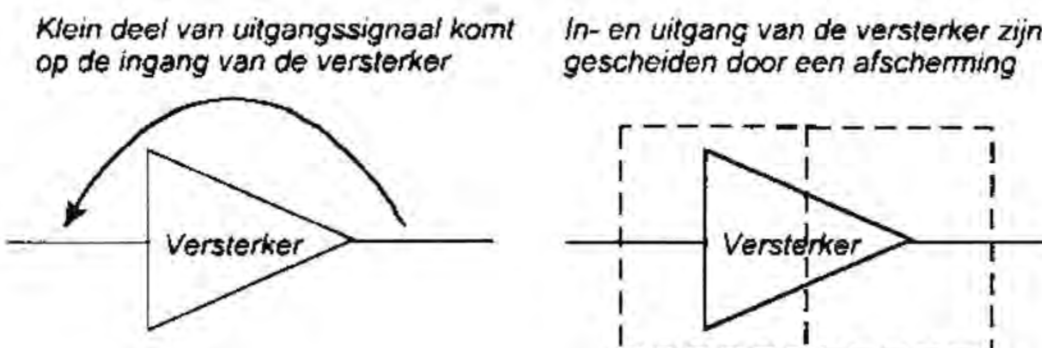


Fig. 12.05 Afscherming voorkomt dat signaal op de ingang terug komt.

12

12.5 Praktische tips voor afscherming en filtering

Dikwijls worden de compartimenten uitgevoerd als totaal gesloten systemen, compleet met deksels. Soms heeft zo een deksel weer invloed op de schakeling en moeten we de zaak afregelen in de gesloten doosjes. Maak dan gaatjes in de deksel waardoor trimsleutels gestoken kunnen worden. Worden de gaten wat groter dan moeten deze weer afgesloten kunnen worden.

Let bij de aanleg van kabeltjes op een juiste manier van invoeren in de kastjes, zie de figuren 12.06 en 12.07.

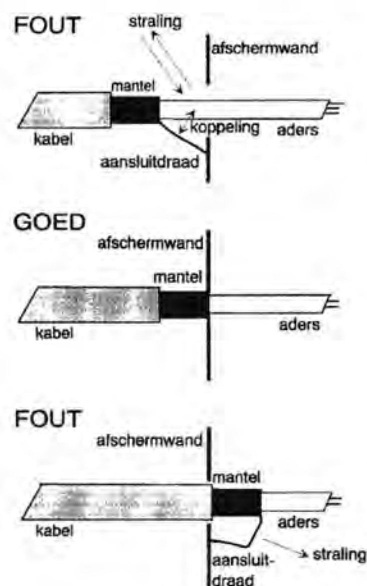
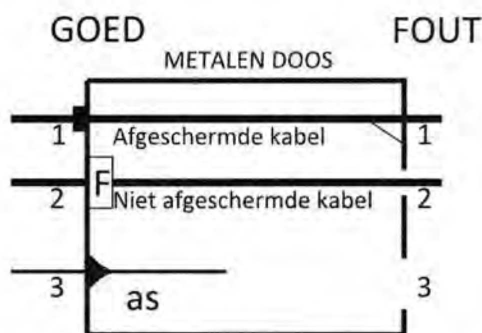


Fig. 12.06 Afmonteren van kabel op afschermwand.



GOED	FOUT
1 Mantel aangesloten op wand	1 Aangesloten met draadje = lusje!
2 Filter op wand	2 Niet aangesloten = open gat
3 Gat afgedicht	3 Open gat

Fig. 12.07 Goede en foute doorvoer door een afschermwand.

Gebruik voor "gevoelige" leidingen, en dat zijn ***alle*** leidingen die naar de ingang van een versterker voeren, zoveel mogelijk coaxkabel. Let daarbij op het juist aansluiten van de afscherming.

Wanneer je zelf een printplaatje ontwerpt houdt dan de in- en uitgangsprintsporen uit elkaars buurt. Werk van links naar rechts.

Wil je sperfilters toepassen let dan ook op de juiste montage daarvan. Zie hiervoor figuur 12.08. De ingang en de uitgang mogen elkaar beslist niet zien.

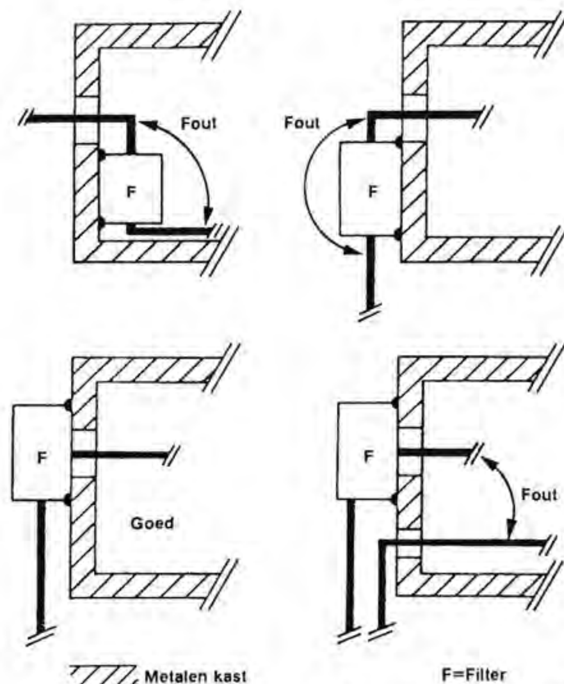


Fig. 12.08 Aansluiten van een (sper)filter.

Voorkom dat afschermingen en de verbindingen daartussen lussen gaan vormen, die weer signalen kunnen oppikken en vervolgens naar de versterker voeren.

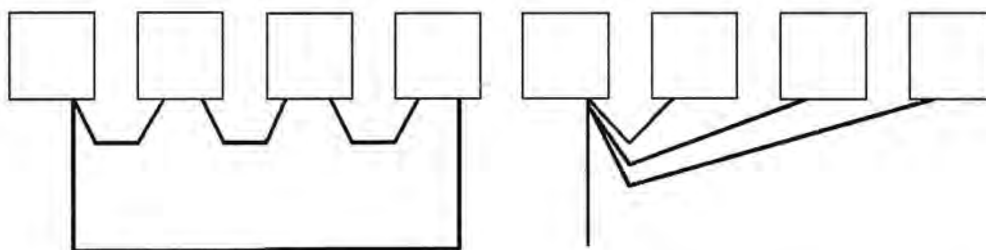


Fig. 12.09 Slechte en goede massaverbinding bij een apparaat dat bestaat uit meerdere afzonderlijke delen.

12

Aantekeningen:

13 Gedragsregels en Voorschriften

Het kan zijn dat de voorschriften veranderen. Deze voorschriften kunnen sneller veranderen dan een oplage van dit boek te veranderen is. Daarom wordt aangeraden om de betreffende stukken te downloaden van de website van het Agentschap Telecom = www.agentschap-telecom.nl
Op de website van de Stichting Radio Examen = www. radio-examen.nl, kan je links vinden naar deze stukken.
Wat betreft de artikelen die over maritiem gebruik gaan, deze behoren niet tot de kennis van de radio-amateur.

Voor de radiozendamateur is van belang:

1. Regeling gebruik van frequentieruimte zonder vergunning 2015
2. Gebruikersbepalingen amateurfrequentie gebruik dd 2016
3. Exameneisen F-examen
4. Exameneisen N-examen

Het is logisch dat aan het gepubliceerde in dit boek geen rechten kunnen worden ontleend. Bekijk dus ook de officiële publicaties.

13.1 Maatschappelijke verantwoordelijkheden van de radiozendamateur

Wat houdt het begrip RadioAmateur in?

"Degene die vanuit een persoonlijke belangstelling en zonder financieel oogmerk gebruik maakt van frequentieruimte ten behoeve van het **opdoen van vaardigheden, het communiceren via de radio en het doen van technisch onderzoekingen."**

Het interessante van de hobby is dat eigenlijk "alles kan" binnen de grenzen die (in de vergunning en door de maatschappij in het algemeen) gesteld zijn. Het is daarom logisch dat er geen signalen geproduceerd worden buiten de aan de radioamateur toegestane frequentie gebieden. Immers daar kunnen, in het ergste geval, mensenlevens mee gemoeid zijn. Denk maar aan de luchtvaart en alle hulpdiensten die uitgebreide radionetwerken bezitten.

Wees altijd behoedzaam met het in de lucht brengen van Hoog Frequente trillingen! Zo maakt een goede radioamateur gebruik van een kunstantenne wanneer hij met een zender experimenteert. De uitstraling is dan minimaal, je bent niemand tot last en je komt dan toch aan je

meetgegevens. Breng alleen een signaal in de lucht als je over grotere afstand wilt experimenteren of verbindingen wilt maken.

Er is ook veelal geen enkele noodzaak om met een zendvermogen van 100 Watt een collega radioamateur te benaderen die op één km afstand van je woont. Pas daarom je vermogen aan. Breng je uitgezonden vermogen op dat niveau waarop een goede verbinding mogelijk is.

"Instralen" op apparatuur die zich in de buurt van je zender bevindt is ook mogelijk. Daarom moet je met je leefomgeving soepel omgaan. Ook al kom je snel tot de ontdekking dat de storing waarover geklaagd wordt, zeer zeker niet van jou afkomstig kan zijn. Het direct op je strepen gaan staan helpt dan echt niet. Met redelijk overleg is er in 95 % van de gevallen zeker uit te komen.

Vergeet niet, ook al ben je niet schuldig en zeker weet dat het niet aan jouw spullen kan liggen, dat bij de buurman die gestoord wordt, mogelijk veel agressie wakker gemaakt is. Geduld, kalmte en wijsheid is dan voor de radioamateur het beste wat hij ten toon kan stellen.

13.1.1 Gewenst gedrag

Binnen de amateurdienst

• Het gebruiksdoel

Het gebruiksdoel houdt in dat de frequentieruimte uitsluitend mag worden gebruikt voor het doen van technische onderzoekingen alsmede voor het uitwisselen van berichten van persoonlijke aard. Een ruim kader, waardoor de activiteiten volgens bestuursrechtspraak vallen onder het recht op vrijheid van meningsuiting als bedoeld in artikel 10 van het Europees Verdrag tot bescherming van de rechten van de mens en de fundamentele vrijheden (EVRM). Daaraan ontleent de radioamateur ook zijn bescherming als het gaat om het plaatsen van antennes.

• Gebruiksvoorschriften

Hierin is bepaald hoe we onze zendapparatuur dienen te gebruiken. Bepaald wordt wat we wel en wat we niet mogen doen.

• Roepletters

Hierin is bepaald wanneer en hoe we ons dienen te identificeren als amateur station met de toegewezen roepletters.

• Storingen

Hierin is bepaald dat we geen storing of belemmering mogen veroorzaken in het etherverkeer en radiozend- of ontvangapparaten. Er is een belangrijke groep amateurs die zich nagenoeg uitsluitend toeleggen op het experimenteren. Deze amateurs ontwerpen, bouwen en testen nieuwe apparatuur en antennes. Als dat klaar is, wordt begonnen aan een nieuw project. Het maken van verbindingen is daarbij een bijzaak. Vooral het hogere frequentiegebied (GHz-banden) en de toepassingen van nieuwe digitale technieken zijn onbegrensde mogelijkheden. Andere amateurs zullen zich richten op het maken van DX-verbindingen (en het verzamelen van z.g. QSL-kaarten hiervan) met amateurstations in zoveel mogelijk landen (entiteiten, zoals de verschillende afzonderlijke gebieden worden genoemd) en op zoveel mogelijk verschillende amateurbanden. De "landen-lijst" van de DX Century Club (DXCC) van de American Radio Relay League (ARRL) bevat meer dan 340 entiteiten. Als deze op alle 9 HF-banden gewerkt moeten worden zijn daarvoor zo'n 3.000 verschillende verbindingen nodig. Kennis van de propagatie (wanneer zijn de mogelijkheden voor een verbinding met een bepaalde regio en op welke frequentie optimaal) is daarbij heel belangrijk.

Weer andere amateurs zijn speciaal ingesteld op het deelnemen aan radiowedstrijden. Ieder weekend zijn er wel één of meer verschillende wedstrijden of in het Engels contests. Deze worden lokaal of wereldwijd uitgeschreven door de amateurverenigingen, zie ook de websides van de verenigingen.

Tijdens zo'n wedstrijd moeten binnen een bepaalde tijd zoveel mogelijk verbindingen worden gemaakt, met amateurs met verschillende prefixen, of in verschillende provincies, zone's, landen of over zo groot mogelijke afstanden.

Weer andere amateurs zijn speciaal geïnteresseerd in het maken van verbindingen met behulp van bijzondere technische inspanningen over grote afstanden op de hogere frequenties. We kunnen daarbij bijvoorbeeld aan verbindingen via de maan (EME), via meteorscatter of via aurorareflectie denken.

Er zijn ook amateurs die hun activiteiten beperken tot het maken van verbindingen met vrienden en bekenden. Bij deze z.g. round-tables wordt daarbij vaak gesproken met dezelfde tegenstations en vinden deze verbindingen plaats op bepaalde vaste tijden.

Tegen over andere diensten

Gedeeld gebruik (mede-gebruik)

Het is zo dat niet alle aan amateurs toegewezen frequentiebanden alleen maar door radiozendamateurs mogen worden gebruikt. In een aantal banden is dat wel het geval, maar er zijn banden waar speciale radiodiensten toegelaten zijn en deze hebben daarin soms een belangrijkere (hogere) status dan de Amateurdienst. Dat zit als volgt in elkaar.

• Er wordt een bepaalde radiodienst toegelaten tot een bepaalde frequentieband.

• Als een radiodienst is toegelaten kan dat een Primaire of Secundaire of Tertiaire toewijzing betreffen. Het wordt dan een Primaire, Secundaire of Tertiaire dienst genoemd.

De wijze waarop stations van de betreffende dienst met een bepaalde status zich moeten gedragen als volgt vastgelegd (in volgorde van afnemende belangrijkheid):

• Primaire dienst

Primaire diensten hebben voorrang boven secundaire diensten. Waar storing optreedt moeten de secundaire diensten wijken c.q. hun uitzendingen onverwijld staken. Primaire diensten onderling hebben gelijke rechten met dien verstande dat geen onderlinge storing mag worden veroorzaakt.

Als in een bepaalde band maar één dienst is toegelaten spreken we van een Exclusieve Primaire status.

• Secundaire dienst

Secundaire diensten mogen geen storing veroorzaken op toepassingen van primaire diensten, zij hebben geen recht op bescherming tegen storing veroorzaakt door stations behorende tot primaire diensten.

Secundaire diensten onderling hebben gelijke rechten.

• Tertiaire dienst

Diensten met een tertiaire status maken uitsluitend gebruik van de frequenties op Non Interference Basis (NIB). De gebruikers mogen geen storing veroorzaken bij de andere diensten. Dit betekent dat het gebruik van een frequentie dient te worden gestaakt als blijkt dat diensten met een primaire status of secundaire status hiervan storing ondervinden.

Storingen door diensten met een primaire status of secundaire status moeten door de dienst met een tertiaire status worden geaccepteerd.

A. Banden waarin de Amateurdienst en/of de Amateursatellietdienst een (exclusieve) Primaire status hebben zijn o.a. de HF-banden: het onderste deel van de 160 m band, 40 m, 20 m, 17 m, 15 m, 12 m en 10 m band. Verder in de 2 m VHF-band, in het onderste deel van de 70 cm UHF-band (430 - 436 MHz) en in (delen van) enkele hogere GHz-banden.

In deze banden zullen we in principe alleen te maken krijgen met andere amateurstations en daarbij gelden de regels voor het gedrag tussen amateurstations onderling. *Zo mogen niet worden uitgezonden*:
a. omroepprogramma's, muziek;
b. berichten van en voor derden;
c. reclame;
d. valse of bedrieglijke alarmeringen, noodseinen, -oproepen of -berichten;
e. versleutelde informatie.
Dat houdt niet in dat alles wat hier niet is genoemd, wel zou mogen. De uitzendingen moeten binnen de gestelde kaders blijven. *Dus bijvoorbeeld geen politieke propaganda of commerciële activiteiten.* Verder moet natuurlijk ook en terdege rekening worden gehouden met de algemene normen van fatsoen. Zo is het uitzenden van de volgende zaken (in woord en/of beeld) zeer ongewenst:
• beledigende opmerkingen;
• racistische of soortgelijke opmerkingen;
• obscene taal en/of afbeeldingen;
• etc.
In voorkomende gevallen kan hiertegen worden opgetreden door het Agentschap Telecom en/of zelfs door Justitie.
Ook het opzettelijk en bewust (ver)storen van een radioverbinding is zeer ongewenst. In de praktijk komt dit toch voor. Er zijn gevallen bekend waar één of meer amateurs bewust het amateurradioverkeer via een FM-relais station verstoorden door de ingang te blokkeren met een sterke draaggolf. Ook komt het voor dat verbindingen van een groep amateurs (z.g. round table) waarbij afwisselend door de verschillende deelnemers gegevens worden uitgewisseld, door een andere amateur bewust werden gestoord. In uitzonderlijke gevallen kan en zal hier, na klachten, door de afdeling Toezicht van het Agentschap Telecom tegen worden opgetreden.

IARU aanbevelingen

In de vergunningsvoorschriften is o.a. vastgelegd welke frequentiebanden aan de amateurs zijn toegewezen. In deze voorschriften is niet in detail vastgelegd op welke frequenties bepaalde soorten uitzendingen mogen worden gedaan. Binnen de amateurgemeenschap zijn hierover ***wel*** afspraken gemaakt. Iedere amateur behoort zich hieraan te houden. Dat is een kwestie van goed fatsoen. Deze detaillering van het gebruik van de amateurfrequentiebanden wordt wereldwijd binnen de International Amateur Radio Union (IARU) gedaan. E.e.a. wordt vastgelegd in de z.g. bandplannen. De nieuwste bandplannen zijn opgenomen in het door het VERON Servicebureau uitgegeven Vademecum voor de Nederlandse Radio-amateur. Iedere drie jaar verschijnt een nieuwe editie met de nieuwste gegevens.

13.1.2 Reageren op noodverkeer

Radiozendamateurs kunnen een positieve bijdrage leveren aan de hulpverlening na (natuur)rampen. In ons land komen dergelijke grote rampen gelukkig weinig voor. Een ramp in ons land, waarbij amateurs een belangrijke rol hebben gespeeld, is de watersnoodramp in 1953. Maar dat is al weer meer dan 65 jaar geleden.

Ook de landen, aangesloten bij de ITU, hebben het belang van de inzet van amateurs voor het op gang brengen en onderhouden van de radiocommunicatie na een ramp ingezien. De mogelijke inzet van amateurs is sinds enige tijd formeel geregeld en vastgelegd in de definitie van de Amateurdienst in de ITU Radio Regulations.

Zo wordt o.a. het volgende bepaald in artikel:

S25. 3: Amateurstations mogen, uitsluitend in geval van noodtoestanden of hulp tijdens rampen, worden gebruikt ten behoeve van internationale communicatie namens derden. Een administratie mag bepalen of de toepassing van deze bepaling geldt voor amateurstations onder haar rechtsbevoegdheid.

Een aantal amateurs in ons land heeft, naar analogie van o.a. de USA, een organisatie opgericht met als doel het verlenen van hulp na een ramp. De organisatie (een stichting) heeft als naam Dutch Amateur Radio Emergency Service (DARES). Amateurs kunnen op vrijwillige basis toetreden tot deze organisatie.

De stichting DARES stelt o.a.:

Het heeft de voorkeur de wijze van inzet van radio-amateurs bij rampen en ongevallen vast te leggen in richtlijnen. Dergelijke richtlijnen bestaan al in de Verenigde Staten, Engeland, Canada en enkele andere landen. Als er na een (grote) ramp noodverkeer op gang komt, zal daaraan door verschillende (hoofd)stations en individuele amateurs worden deelgenomen. Enige standaard afspraken zijn dan wel gewenst. Voor noodverkeer (Emergency Traffic) zijn de volgende frequenties (Emergency activiteitscentra) vastgesteld (IARU - Davos 2005):

Voor wereldwijd verkeer: Voor Region 1 (lokaal)

15 m 21,360 MHz, 40 m 7,060 MHz, 17 m 18,160 MHz, 80 m 3,760 MHz, 20 m 14,300 MHz

Wie zich actief wil gaan inzetten wordt geadviseerd informatie in te winnen bij DARES. Zij hebben hiervoor informatiemateriaal.

Wie wordt geconfronteerd met noodverkeer , wordt geadviseerd dit niet te storen. Bemoei je niet ongevraagd met hetgeen er plaats vindt. En zeker niet als het er naar uitziet dat er al voldoende hulp is ingeschakeld. Luister en **bedenk eerst** of je een positieve bijdrage kunt leveren aan het oplossen van de noodsituatie.

13.2 Operationele vaardigheden

Voor het maken van verbindingen en het testen van de zenders is het nodig om afspraken te maken hoe een en ander dient te verlopen, het volgende is een leidraad.

13.2.1 Gebruik kunstantenne

Het gebruik van een kunstantenne is noodzakelijk, namelijk om te voorkomen dat er signalen worden uitgezonden tijdens het testen en/of afregelen van een zender. Daarmee wordt overlast aan andere gebruikers van het frequentiespectrum voorkomen.Denk daarbij aan het uitzenden van harmonischen.

13.2.2 Verbindingsprocedures

Bij het maken van een verbinding wordt gebruik gemaakt van allerlei afkortingen en codes. De afkortingen zijn veelal afkomstig uit de telegrafie wereld. Omdat de telegrafie in het begin gebruikt werd voor lijnverbindingen o.a. spoorwegen (c.a. 1835) en later dankbaar gebruik van gemaakt werd voor radioverbindingen (c.a.1895 Marconi). De

daaruit afkomstige - en de nog altijd gebruikte afkortingen kennen dus al een hele historie!

13.2.2.1 Afkortingen

Veel van deze afkortingen zijn in het spraakgebruik overgenomen, ***voor het examen moet je kennen:***

BK	Break	Inbreken in een bestaande verbinding
CQ	General call to all stations	Algemene oproep voor het maken van een verbinding
CW	Continuous wave	Uitzenden van een niet gemoduleerd signaal.
DE		Van Gebruikt als scheiding tussen opgeroepene en oproeper
K	Invitation to transmit	Ga zenden
MSG	Message	Bericht
PSE	Please	Als het u belieft
R	Receive	Ontvangen
RX	Receiver	Ontvanger
TX	Transmitter	Zender
UR	Your	jouw

13.2.2.2 Het spelalfabet



Om spraakverwarring te voorkomen wordt het volgende fonetische alfabet gebruikt:

Op het examen moet je dit kunnen ***spellen***:

A = Alpha B = Bravo C = Charlie D = Delta E = Echo F = Foxtrot G = Golf H = Hotel I = India	J = Juliet K = Kilo L = Lima M = Mike N = November O = Oscar P = Papa Q = Quebec R = Romeo	S = Sierra T = Tango U = Uniform V = Victor W = Whiskey X = Xray Y = Yankee Z = Zulu

13.2.2.3 Uitzendingsklasse

De **radioroepnaam** wordt uitgezonden volgens de volgende uitzendingsklasse:

spraak	A3E, H3E, J3E, R3E, F3E en G3E
morsetelegrafie (max. 30 w/m)	A1A, A2A, F1A, F2A, J2A, G1A en G2A
automatische telegrafie	A1B, A2B, F1B, F2B en J2B
data-of beeldoverdracht	F1D, F2D en P2D
Facsimilé, en slow-scan televisie	A1C, A2C, A3C, J2C, J3C, F1C, F2C, F3C, G1C, G2C en G3C
amateurtelevisie	A3F,C3F en F3F

Voor de betekenis van deze codes zie hfdst 13 pagina 19 !

13.2.2.4 Het maken van een verbinding:

Voor een "normaal" contact bestaan er twee mogelijkheden:

• antwoorden op een CQ-oproep (CQ is de afkorting voor "oproep aan alle stations ");
• zelf een CQ te geven en afwachten of er een tegenstation reageert.

Voor de beginner is het beter te antwoorden op een "CQ", zodat men er zeker van is dat in ieder geval de ontvanger en de antenne bevredigend werken. Er is niets zo frustrerend om "CQ" te geven en geen antwoord te krijgen. Dit zou kunnen betekenen dat er met de zender een probleem is.

Tijdens iedere verbinding hoort een signaalrapport te worden gegeven. Het RST systeem (voor details, zie o.a. Vademecum voor de Nederlandse Radio-amateur) berust op een internationale overeenkomst en de bedoeling ervan is om aan het tegenstation een idee omtrent het signaal te geven. Het systeem kent drie cijfers, aangeduid met respectievelijk R, S en T. Bijvoorbeeld R5, S9 en T9. De betekenis is als volgt:

R: Neembaarheid (Readability): van 1 = onneembaar 2 = nu en dan 3 = moeilijk 4 = neembaar 5 = uitstekend neembaar.

S: Sterkte van het signaal (Signal Strength) van 1 = nauwelijks 2 = zeer zwak 3 = redelijk 4 = redelijk 5 = redelijk goed 6 = goed 7 = tamelijk sterk 8 = sterk 9 = zeer sterk

T: Toon (Tone) bij morse signalen: van 1 = zeer ruwe en sissende toon tot 9 = zeer zuivere toon.

13

13.2.2.5 Roepletters

Alle amateur stations maken gebruik van de door de overheid aan hen toegewezen roepletters. Aan de prefix kan over het algemeen worden opgemaakt uit welk land de betreffende amateur afkomstig is. Individuele amateurs in ons land hebben een prefix die bestaat uit 2 letters uit de serie met PA t/m PH.

Stations in België gebruiken prefixen die beginnen met ON t/m OT, in Duitsland met DA t/m DR, in Frankrijk met F of TM, in Engeland of onderdeel van Groot Brittannië met G, M, etc.

Radioroepnamen bestaan voor de radio-amateur uit twee letters en een cijfer (voor Nederland de prefix; PA t/m PI), gevolgd door minimaal één en maximaal drie letters (de suffix). Radioroepnamen mogen binnen bepaalde grenzen zelf worden gekozen en worden gebruikt om zich tijdens radioverbindingen te identificeren.
De radioroepnaam wordt ten minste bij het begin en bij het einde van elke uitzending en ten minste eenmaal per periode van vijf minuten uitgezonden, waarbij een reeks van kortdurende uitzendingen wordt aangemerkt als één uitzending.

De Prefix

Bestaat uit 2 letters (PA t/m PI) en een cijfer. Voor de letters geldt:
PA t/m PH voor individuele radiozendamateurs PI voor specifieke experimenten en voor verenigingen, onderwijsinstellingen en overige instellingen die in het kader van de ontwikkeling van de radiowetenschap experimenteren op de amateurbanden •

Voor het cijfer geldt:

- 0 t/m 5 en 7 t/m 9 voor individuele radiozendamateurs
- 4 voor verenigingen van radiozendamateurs
- 5 voor onderwijsinstellingen.
- 6 bijzondere toepassingen

De Suffix

Bestaat uit minimaal één en maximaal drie letters. De volgende combinaties worden niet uitgegeven: SOS, onwelvoeglijke lettercombinaties (Bargoens) en de lettercombinaties QOA t/m QUZ.

Voorbeelden:
Persoonlijk: PA1B, PD8PET, PF3ZZP
Afdelingen: PI4ABC, PI4XZX
Onderwijs: PI5HTS

13.2.2.6 De Q-code

Een Q-code is een samenstelling van de drie letters, beginnende met de letter Q. Q-codes worden door o.a. radiozendamateurs heel vaak toegepast. Ze stammen uit de tijd dat de informatie via het morseschrift werd uitgewisseld. Met een kort woord van drie letters kan veel informatie worden uitgewisseld. Taalproblemen doen zich daarbij niet voor omdat de code internationaal via de ITU is gestandaardiseerd en daarom een ***exameneis is.***

Voorbeeld: Je kunt tijdens een verbinding (= QSO) zeggen dat je met een klein vermogen zender (QRP) werkt. "Ik werk QRP, met 1W."

Tijdens een verbinding kun je aan je tegenstation vragen: "of hij 5 kHz up wil QSY'en". In morse: pse QSY 5k up of nog korter QSY 5k ?. Dat wil zeggen dat je hem alstublieft vraagt zijn werkfrequentie 5 kHz te verhogen.
"Ik ga QRT" wil zeggen dat het station gaat sluiten. Mogelijk omdat de ham (= radioamateur) koffie gaat drinken of zoiets.
Zeg je aan het eind van een QSO dat QSL 100% is, dan houdt dat in dat je hem een QSL kaart ter bevestiging van de gemaakte verbinding stuurt. De QSL kaart kan via de vereniging of per email verstuurd worden .

Voor het examen moet men de volgende Q-codes en afkortingen kennen: [V = Vraag. A = Antwoord]:

QRK V: Wat is de neembaarheid van mijn signalen?
A: De neembaarheid van jouw signaal is ....

QRM V: Wordt je door andere stations gestoord?
A: Ik word gestoord.

QRN V: Heb je last van luchtstoringen?
A: Ik heb last van luchtstoringen

QRO V: Zal ik het zendvermogen verhogen?
A: Verhoog zendvermogen.

QRP V. Zal ik het zendvermogen verminderen?
A: Verminder zendvermogen.

QRT V: Zal ik ophouden?
A: Houd op

13

QRV V: Bent je beschikbaar?
A: Ik ben beschikbaar.

QRX V: Op welk tijdstip roep je mij weer ?
A: Ik zal om .... uur weer roepen.

QRZ V: Door wie word ik geroepen?
A: Je wordt geroepen door ....

QSB V: Verandert de sterkte van mijn signaal?
A: De sterkte van je signaal verandert.

QSL V: Wilt je mij de ontvangst bevestigen?
A: Ik bevestig je de ontvangst.

QSO V: Kun je rechtstreeks werken?
A: Ik werk met....

QSY V: Zal ik op een andere frequentie gaan zenden?
A: Ga op een andere frequentie zenden.

QTH V: Wat is je positie (plaats)?
A: Mijn positie is ..... (plaats)

13.3 En nu de praktijk:

13.3.1 De Telefonieverbinding



Een telefonie verbinding van PAOXYZ met een Nederlands tegenstation kan als volgt verlopen. Nadat hij een vrije frequentie (met in acht neming van de bandplannen) heeft gevonden geeft PAOXYZ aan algemene oproep. Het station PAOABC komt voor hem terug. De uitgesproken tekst is als voorbeeld gekozen en cursief weergegeven:

De verbindingsprocedure voor een kort QSO:

1. *CQ, CQ, CQ, dit is PAOXYZ, Papa Alfa Nul X-Ray Yankee Zoeloe, Papa Alfa Nul X-Ray Yankee Zoeloe, Papa Alfa Nul X-Ray Yankee Zoeloe met CQ, en gaat over op ontvangst.*

   In plaats van "CQ" kan hij ook de woorden "algemene oproep" gebruiken. Het is gebruikelijk de eigen roepnaam meerdere malen te noemen en te spellen volgens het internationale spellingsalfabet.

2. *PAOXYZ, dit is Papa Alfa Nul Alfa Bravo Charlie, Papa Alfa Nul Alfa Bravo Charlie.*

   PAOABC heeft geantwoord op de algemene oproep en heeft, overeenkomstig de voorschriften, het internationale spellingsalfabet gebruikt om zijn roepnaam zo duidelijk mogelijk door te geven.

3. *PAOABC, de PAOXYZ. Goede morgen en bedankt voor het antwoord. Je rapport is 5 en 9, met een beetje fading. Ik woon in Assen en mijn naam is Jan. Kun je dit nemen? PAOABC, de PAOXYZ.*

   Hier staat 5 en 9 voor R5 en S9. Het woordje ***de*** wordt gebruikt als scheiding tussen opgeroepene en oproeper.

4. *PAOXYZ, de PAOABC. Goed ontvangen, goede morgen en bedankt voor het rapport. Ik ontvang je hier ook met 5 en 9, met enige storing van Engelse stations. Ik woon in Middelburg en mijn naam is Piet. Ik gebruik een zendontvanger met 100 watt PEP output en een 9 elements dipool op 20 meter hoogte boven de*

13

grond. Het weer is goed, maar ik denk dat het wel zal gaan regenen.

PAOABC heeft het rapport gegeven en noemde enige storing; hij had ook "QRM" kunnen melden. Het woordje ***de*** werd gebruikt als scheiding tussen de twee calls. Hij heeft ook enkele belangrijkste gegevens vermeld over zijn apparatuur. Vanaf dit moment kan van alles worden besproken, met als beperking hetgeen is vermeld in de vergunningsvoorschriften en hetgeen niet strookt met het normale fatsoen. Op een bepaald moment is het tijd om de verbinding af te breken en dat zou kunnen verlopen als volgt:

5. *Bedankt voor het prettige contact en ik hoop je spoedig weer te ontmoeten. PAOXYZ, dit is PAOABC, die nu gaat sluiten.*

PAOXYZ zal dan ongeveer hetzelfde zeggen. Zou hij opnieuw een verbinding willen maken dan kan hij op dezelfde frequentie blijven. Als PAOABC ook een andere verbinding wil maken zal hij daarvoor een andere frequentie moeten zoeken. Hier geldt het "recht" van de eerstaanwezende. Wel kan PAOABC voor het maken van een andere nieuwe verbinding zeggen:

6. *Dit is PAOABC die 25 kHz hoger* (in het Engels: "up") *gaat luisteren.*

Dit omdat de frequentie het eerst door PAOXYZ werd gebruikt.

13.3.2 De Telegrafieverbinding:

Telegrafie behoort *niet* meer in het examenpakket. In Nederland kan voorlopig geen examen in telegrafie gedaan worden. Omdat telegrafie toch een uitdaging voor velen is wordt in dit studieboek aandacht geschonken aan het maken van een telegrafieverbinding. De uitdaging is dan om met zeer laag vermogen te werken (QRP) en meestal zo simpel mogelijke apparatuur.



Bij een telegrafie verbinding is de te volgen procedure praktisch hetzelfde, als bij telefonie, behalve het gebruik van de typische telegrafie-aanduidingen en -afkortingen waarbij wèl veelvuldig gebruik

wordt gemaakt van de Q-code. Hier wordt ook de "T" in de RST-code gebruikt. Een paar opmerkingen:

• Sein nooit te snel. Pas je tempo aan aan dat van het tegenstation. Aarzel niet het andere station te vragen om een lagere seinsnelheid (pse QRS). Sein niet sneller dan je zelf kunt nemen.

• Antwoord nooit een snel seinende operator met dezelfde snelheid, tenzij je er zeker van bent het te kunnen nemen wanneer hij zijn hoge snelheid blijft handhaven. Roep met jouw eigen normale snelheid aan. Een goede operator zal zich aan jouw tempo aanpassen.

• Kijk altijd op de S-meter en geef eerlijke rapporten. Zo nodig op het gehoor. Oefen in S-rapporten geven op het gehoor.

• Probeer over apparatuur te beschikken met volledige break-in mogelijkheden (QSK). Wanneer je net als jouw tegenstation, beschikt over break-in mogelijkheden, kunt je je tegenstation onderbreken met BK (letters aanelkaar) — • • • — • —

Gebruik de Q-code zoals deze is bedoeld. Sein niet QRZ ? tenzij je iemand hebt horen aanroepen zonder dat je zijn roepnaam kon nemen. QRZ ? is niet hetzelfde als CQ !

De verbindingsprocedure:

Een telegrafie verbinding van PA3ABC met een Engels tegenstation kan als volgt verlopen. Nadat hij een vrije frequentie (met in acht neming van de bandplannen) heeft gevonden geeft PA3ABC aan algemene oproep. Het station G3PFQ komt voor hem terug. De uitgezonden tekst in morsecode is willekeurig gekozen en cursief weergegeven. In de tekst staat vaak het" = " scheidingsteken. Dit wordt geseind als (letters aanelkaar) BT (— • • • —). In de praktijk wordt, in plaats hiervan, ook wel een komma (— — • • — —) geseind:

1. *CQ CQ CQ de PA3ABC PA3ABC PA3ABC K*

2. *PA3ABC de G3PFQ K*

3 *G3PFQ de PA3ABC = gm es tnx fr call = rst 599 with QSB = QTH Delft es name is Fred = ? = G3PFQ de PA3ABC K*

4 *PA3ABC de G3PFQ = gm es tnx fr rprt = rst 599 with QRM from G-stns = QTH London name is John = rig hr 100 watts output es ant dipole at 20 meters = wx hr fb = PA3ABC de G3PFQ K*

Zodra er contact is gemaakt zal in plaats van K, meestal

KN (— • — — •) worden gegeven aan het einde van elke uitzending. Dit ten teken dat alleen het opgeroepen station wordt geacht te antwoorden.
Het • • — — • • wordt gebruikt om aan het tegenstation te vragen of hij alles goed heeft ontvangen.

Aan het einde van de verbinding worden de letters SK (• • • — • —) direct na de eigen roepnaam geseind ten teken dat de verbinding is beëindigd.

— — • • • • — — • — — • • • — • — — • — — • • • • — — • • — • • • — — • — — • • • — • — •
• • • — • —

of in woorden G3PFQ de PA3ABC SK
De letters BT, KN en SK worden aan elkaar geseind, zodat ze één seinteken worden die, na enige oefening, gemakkelijk kunnen worden herkend.

Om de letters te leren is het voor velen handig om klanken in plaats van streepjes en stipjes te gebruiken. SK is dan didididahdidah

In het Internet zijn er morse oefenprogramma's te vinden. De z.g. Koch methode heeft veel voordelen. Bijvoorbeeld G4FON, zie YouTube en webside.

13.3.4 Het Aanpassen van het vermogen aan situatie

Met nadruk moet worden gesteld dat het hierbij gaat om het zendvermogen dat maximaal mag worden gebruikt. Er is geen verplichting om altijd met dit maximale zendvermogen te werken. In veel gevallen is er geen enkele noodzaak om dat te doen.

De commercieel verkrijgbare zend/ontvang apparatuur zijn over het algemeen uitgerust met een voorziening waarmee het zendvermogen kan worden ingesteld. Vaak is dat met een draaiknop op de voorzijde met de aanduiding RF Power. Alle waarden, tussen 0 en het maximum dat het



apparaat kan leveren, kunnen daarmee worden ingesteld. Er zijn ook apparaten waarbij (via een menukeuze) het uitgezonden vermogen tijdens testen en/of afregelen van de zender ingesteld kan worden en bij toepassing van een automatische antenne-afstemunit (ATU), op een lagere waarde dan het maximum kan worden ingesteld. Hiermee wordt de storing voor andere amateurs tijdens het afstemmen verminderd.

Zoals in het begin van het hoofdstuk is op te merken, zijn er voor Radio-Amateurs veel regels waaraan zij zich moeten houden. Deze voorschriften zijn veelal op internationale afspraken gevestigd.

13

13.4 ITU Radio Regulations

De ITU International Telecommunication Union is het instituut die voor de gehele wereld tracht de telecommunicatie in goede banen te leiden. Op zo een conferentie worden o.a. de roepletters, toewijzing van frequenties van alle radiodiensten, waaronder de amateurdienst geregeld. Daarvoor heeft men de wereld in 3 regio's ingedeeld:

Regio 1: Europa, Afrika

Regio 2 Noord- en Zuid Amerika

Regio 3 Azië, Australië, Nieuw Zeeland, Oceanië

Nederland maakt dus deel uit van **Regio 1.**

De frequentiebanden die door de Amateurdienst en de Amateursatellietdienst mogen worden gebruikt zijn door de ITU vastgelegd in Radio Regulations. Over het algemeen zijn deze toewijzingen wereldwijd. Voor sommige frequentiebanden, of delen van de banden zijn er afwijkingen welke gelden voor één of meer Regions zijnde 1, 2 of 3. Ook kunnen er beperkingen zijn voor één of meer afzonderlijke landen. Dit wordt gedaan door middel van een voetnoot in de ITU Frequentietabel.

In de tabel met toelichting wordt de ITU toewijzing van de diensten en hun status in de amateurbanden in Region 1 nader uiteengezet Zie als voorbeeld 13.4.1

13.4.1 Frequentiegebruik

Uit: Regeling gebruik van frequentieruimte met meldingsplicht 2015

Categorie registratie	Toegestane zendvermogen in watt (PEP) [1]	Frequentiebanden in MHz	Bijzondere bepalingen 3)	Status van de amateur banden 2)
N	25	7,050 – 7,1	geen	P
	25	14,0 – 14,25		P
	25	28,0 – 29,7		P
	25	144,0 – 146,0		P
	25	430,0 – 436,0		P
	25	436,0 – 440,0		S

1) Zendvermogen: het door de direct met de antenne-inrichting te koppelen trap van het radiozendapparaat afgegeven gemiddeld vermogen, gerekend over één periode van de hoogfrequente uitgangswissel-spanning tijdens het maximum van de omhullende (Peak Envelope Power);

2) P = primair en S = secundair

3) Iedere klasse van uitzending wordt aangegeven met een code. Deze code bestaat uit letter, cijfer, letter. Bijvoorbeeld A1A. De betekenis hiervan is:

Het eerste symbool: modulatievorm (soort modulatie) van de draaggolf

N = Ongemoduleerde draaggolf, bijvoorbeeld voor meetdoeleinden.
A = Dubbelzijband = AM (amplitudemodulatie). Let op: hieronder valt ook CW. De draaggolf wordt dan aan- en uitgeschakeld in het tempo van de morsetekens en dat staat gelijk aan 100% rechtstreekse amplitudemodulatie door de morsetekens, dus zonder hulpdraaggolf. Door deze modulatie ontstaan ook de zijbanden waardoor een CW-signaal ongeveer 100 Hz bandbreedte nodig heeft. Ook als de hulpdraaggolf zelf frequentiegemoduleerd is, maar de draaggolf door die gemoduleerde hulpdraaggolf in amplitude gemoduleerd wordt, wordt het symbool "A" gebruikt.
H = Enkelzijband (SSB) met volledige draaggolf. Dit heet ook wel AM-Equivalent (AME).
Dit is de manier om met een SSB-zender een signaal te maken dat op een AM ontvanger zonder BFO is te verstaan (op een 2m-peilontvangertje of een kortegolfomroepradio).
J = Enkelzijband met onderdrukte draaggolf. **Dit is de normale amateur-EZB (SSB).**

R = Enkelzijband met gedeeltelijk onderdrukte draaggolf of draaggolf met variabel niveau. We noemen dit ook wel EZB met restdraaggolf of piloottoon. Ontvangers met de mogelijkheid van synchrone detectie gebruiken de restdraaggolf om exact op de frequentie afgestemd te staan (te 'locken') zodat de spraak veel natuurlijker klinkt dan met handafstemming zonder synchrone detectie. De restdraaggolf wordt meestal ingesteld op 10% van het PEP-vermogen. Deze mode wordt bijna niet door amateurs gebruikt, maar wel professioneel. We noemen hem hier alleen omdat hij in de opsomming van klassen van uitzending in de Gebruikersbepalingen amateur frequentie gebruik voorkomt.
C = Restzijbandmodulatie. Dit wordt toegepast bij analoge televisie. Een analoog televisiesignaal op het kabelnet is eigenlijk AM met modulerende frequenties (het video) tot bijna 5 MHz. Bij gebruik van gewone AM zou het signaal dus 10 MHz breed worden en dan moet het geluid er nog naast. Restzijbandmodulatie is een vorm van AM waarbij het buitenste deel (het deel dat ontstaat door de hoogste videofrequenties) van de lage zijband wordt onderdrukt. De hoge zijband wordt wel compleet uitgezonden. Het stukje lage zijband dat wél wordt uitgezonden heet de restzijband. Op deze manier is analoge televisie in een 7 MHz breed kanaal te passen. Amateurs moeten dit toepassen op 70cm om binnen het voor ATV gereserveerde deel van de band te blijven en geen SSB-DX te storen. Deze modulatiewijze wordt steeds minder gebruikt door de overgang op digitale amateurtelevisie (DATV).
F = Frequentiemodulatie: FM wordt heel veel gebruikt, zowel voor spraak, packet, facsimilé, RTTY en ook voor televisie (dat laatste op 23cm, 13cm en 3cm omdat dan de bandbreedte heel groot wordt en er op de lagere banden geen ruimte voor is). Fase- en frequentiemodulatie lijken op elkaar. Indien niet bekend is of fase- dan wel frequentiemodulatie wordt toegepast, wordt symbool "F" gebruikt.
G = Fasemodulatie: PM wordt gebruikt voor spraak en data. Indien niet bekend is of fase- dan wel frequentiemodulatie wordt toegepast, wordt symbool "F" gebruikt.

Het tweede symbool: type signaal dat de draaggolf moduleert
0 = Geen modulatie aanwezig.

1 = Een enkel kanaal met niet-analoge informatie waarbij geen gebruik wordt gemaakt van een modulerende hulpdraaggolf. De informatie kan zowel morse als een stroom enen en nullen uit een telexmachine of pc, of gedigitaliseerde spraak zijn. De enen en nullen worden rechtstreeks toegevoerd aan de modulator van de zender, dus zonder modem ertussen. Bij A1 betekent dat meestal, dat een '1' de draaggolf inschakelt en een '0' de draaggolf uitschakelt. Bij F1 betekent dit dat de enen en nullen

rechtstreeks een verschuiving van de frequentie tot gevolg hebben. Als je op deze manier RTTY uitzendt dan heet het FSK:
Frequency Shift Keying. Als de shift 170 Hz is, dan verschuift de draaggolf 85 Hz omhoog bij een '0' en 85 Hz omlaag bij een '1'; zo is dat nu eenmaal afgesproken. Een dergelijk signaal kan met een FM-detector worden gedetecteerd (dan komen de enen en nullen rechtstreeks als spanningspulsen uit de detector) maar vaak wordt het in een EZB-ontvanger omgezet in hoorbare toontjes en daarna met een telexconverter of in een pc omgezet in enen en nullen.
Deze is beter bestand tegen storing door andere signalen. Je kunt ook morse uitzenden in F1. De meeste propagatiebakens doen dat.

2 = Een enkel kanaal met niet-analoge informatie waarbij gebruik wordt gemaakt van een modulerende hulpdraaggolf. De informatie kan zowel morse als een stroom enen en nullen uit een telexmachine of pc (data, packet) zijn. De enen en nullen worden in een modem gemoduleerd op de hulpdraaggolf. De gemoduleerde hulpdraaggolf vormt het modulerende signaal van de zender. Let op: de eerste letter van de KVU (KVU = Kenmerk Van Uitzending) wordt bepaald door de soort modulatie van de zender, niet van de modem. Dus als een met de seinsleutel aan/uitgesleutelde 1000 Hz hulpdraaggolf op een FM-zender wordt gemoduleerd, wordt de KVU: F2A. Als een in FSK gemoduleerde hulpdraaggolf van een telex op een EZB-zender wordt gemoduleerd, wordt de KVU: J2B.
3 = Een enkel kanaal met analoge informatie. De informatie kan spraak, facsimilé (fax, SSTV of weerkaarten), analoge telemetrie of video zijn.

Het derde symbool: soort informatie die uitgezonden wordt

N = Geen informatie (inbegrepen: constante toon). Bijvoorbeeld een kale draaggolf of een vossenjachtzendertje dat alleen een constante pieptoon uitzendt.
A = Morsetelegrafie bestemd om op het gehoor opgenomen te worden. Het maakt niet uit of de morse met de hand of met de pc gemaakt wordt, als het maar morseschrift is dat op het gehoor kan worden opgenomen.
B = Telegrafie bestemd voor automatische ontvangst. Het meest bekende voorbeeld is de 'automatische verreschrijver' of telex, bij amateurs heet deze mode RTTY (Radio-TeleTYpe). Het gaat dus om modes waarbij de ontvangen tekst direct, dus teken voor teken zoals uitgezonden, wordt geprint of op een beeldscherm verschijnt. Ook een mode als PSK-31 moet dus worden aangeduid met een B en niet met een D zoals je soms ziet.
C = Facsimilé (fax), het overbrengen van stilstaand beeldmateriaal. Het gaat hier om analoge faxmachines waarbij de signalen van de scanner (fotocel of fototransistor) worden uitgezonden als een in toonhoogte

variërend signaal. Hieronder valt ook SSTV (Slow-Scan TV, stilstaande beelden).
D = Datatransmissie. Bijvoorbeeld: het overzenden van een bestand of een digitale foto. Ook packet radio wordt vaak met een D aangegeven, omdat er in packetcommunicatie ook veel niet-rechtstreeks printbare karakters voorkomen zoals checksums, ACK (positief bevestigend-Acknowledgement) en dergelijke.
E = Telefonie. (Uitzendingen van gesproken woord).
F = Televisie. (Bewegende beelden).

Voorbeeld:
A3N = amplitude gemoduleerd, analoge informatie, verder geen informatie. (alleen een constante toon)
F1A = frequentie gemoduleerd, niet analoge info, morse

13.5 CEPT aanbevelingen

De Conférence Européenne des administrationn des Postes et des Telecommunications kortweg CEPT, heeft ook een aantal regels vastgesteld die voor de zendamateur van belang zijn, zodra hij met zijn zender de grens over wil.

• Tijdelijk (maximaal 3 maanden) gebruik van amateurstations in CEPT-landen die deze aanbeveling in hun eigen regelgeving hebben geïmplementeerd hebben, zonder dat daarvoor een vergunning behoeft te worden aangevraagd.

• Ook niet-CEPT landen kunnen zich bij deze regeling aansluiten. Voor het tijdelijk gebruik van amateurstation in deze landen hoeft dan dus ook geen vergunning te worden aangevraagd.

• Bevoegdheden zijn beperkt tot de bevoegdheden in het land waar de vergunning is afgegeven en de beperkingen in het gastland.

• Identificatie in het gastland door het uitzenden van de eigen roepletters voorafgegaan door de landencode (prefix) van het gastland en een / (breukstreep). Voorbeeld: DE/PA0ABC

• Actueel overzicht van de landen die deze aanbeveling toepassen, voor welke categorie vergunninghouders deze van toepassing is, en welke prefix moet worden gebruikt, is te vinden op de website van het European Radio Office (ERO): www.ero.dk.

13

13.6 Telecommunicatiewet

Nationaal valt er ook een en ander ter regelen, deze wet wordt soms ook bijgesteld,

(http://www.st-ab.nl/wetten/0273_Telecommunicatiewet.htm), Onderstaand is een overzicht van Besluiten die enige invloed hebben op het maken van verbindingen van de radio-amateur.

- Besluit aanwijzing categorieën zendinrichtingen en vaststelling toelatingscriteria
- Besluit aftappen openbare telecommunicatienetwerken en -diensten
- Besluit beveiliging gegevens aftappen telecommunicatie
- Besluit elektromagnetische compatibiliteit 2007
- Besluit elektronische handtekeningen
- Besluit nummerportabiliteit
- Besluit randapparaten en radioapparaten 2007
- Besluit technische hulpmiddelen strafvordering
- Besluit universele dienstverlening en eindgebruikersbelangen
- Besluit verstrekking gegevens telecommunicatie
- *Frequentiebesluit*
- Nummerplan telefoon- en ISDN-diensten
- Regeling aftappen openbare telecommunicatienetwerken en -diensten'
- *Regeling gebruik van frequentieruimte zonder vergunning 2008*
- Regeling universele dienstverlening en eindgebruikersbelangen

Zo is in het *frequentiebesluit* te vinden:

(http://www.st-sb.nl/wettennr03/0273-033_Frequentiebesluit.htm):

In HOOFDSTUK 4. GEBRUIK VAN FREQUENTIERUIMTE ZONDER DAT DAARVOOR EEN VERGUNNING IS VEREIST

Artikel 18

Bij ministeriële regeling kunnen ter zake van het gebruik van frequentieruimte waarvoor geen vergunning is vereist, regels worden gesteld inzake:
a. de doelmatigheid van het gebruik;
b. de aard van de radiozendapparaten en de daarbij behorende antenne-inrichtingen alsmede het vermogen waarmee mag worden uitgezonden;
c. het door de gebruiker beschikbaar houden van bescheiden;
d. het veroorzaken van belemmeringen in radiozend- of ontvangapparaten of in elektrische of elektronische inrichtingen door het gewenste signaal van een radiozendapparaat;
e. de naleving van verdragen of besluiten van een volkenrechtelijke organisatie aangaande het gebruik van frequentieruimte.

Artikel 20

1.Bij ministeriële regeling kunnen eisen worden gesteld waaraan een natuurlijke persoon moet voldoen voor het gebruik van de frequentieruimte, bedoeld in artikel 3.4, eerste lid, aanhef en onder c, van de wet. Deze eisen kunnen slechts inhouden dat:
a. de gebruiker een bepaalde leeftijd heeft bereikt;
b. de gebruiker met goed gevolg een voor het gebruik van de gevraagde frequentieruimte, in samenhang met het doel waarvoor die frequentieruimte wordt gebruikt, **vereist examen heeft afgelegd**, of
c. de gebruiker in het bezit is van een certificaat van bediening.

2.Artikel 11, tweede lid, is van overeenkomstige toepassing.

3.Bij ministeriële regeling kunnen regels worden gesteld voor het gebruik door rechtspersonen van frequentieruimte, bedoeld in artikel 3.4, eerste lid, aanhef en onder c, van de wet.

4.Voor de toepassing van dit artikel wordt een personenvennootschap gelijk gesteld met een rechtspersoon.

Artikel 20a

1.Degene die voornemens is frequentieruimte als bedoeld in artikel 3.4, eerste lid, aanhef en onder c, van de wet, te gebruiken, doet hiervan melding aan Onze Minister.

2.Onze Minister registreert het in de melding bedoelde frequentiegebruik tenzij niet wordt voldaan aan bij ministeriële regeling te stellen regels.

3.De frequentieruimte, bedoeld in artikel 3.4, eerste lid, aanhef en onder c, van de wet, wordt slechts gebruikt indien het gebruik is geregistreerd overeenkomstig het tweede lid.

4.Met het oog op de identificatie van het radiozendapparaat kent Onze Minister in bij ministeriële regeling te bepalen gevallen aan degene die de melding heeft gedaan een combinatie van letters of cijfers toe.

5.Bij ministeriële regeling kunnen nadere regels worden gesteld ter zake van de melding, de registratie en de toekenning van de combinatie van letters of cijfers.

Uit het: Frequentiebesluit 2013, **Antenneregister Artikel 23**

1. In het antenneregister worden gegevens opgenomen van:
a) antennes die zijn geplaatst op een vaste locatie met het doel met een zendvermogen van meer dan 10 dB watt Effective Radiated Power (ERP) uit te gaan zenden;
b) antennes die zijn geplaatst op een vaste locatie en die tot een netwerk behoren, indien meer dan de helft van het aantal antennes van het netwerk een zendvermogen van meer dan 10 dB watt ERP heeft.
c) antennes van radiozendamateurs die zijn geregistreerd als gebruiker van frequentieruimte.

2. Van het eerste lid zijn uitgezonderd de gegevens van antennes in gebruik bij overheidsorganen die een taak uitoefenen op het terrein van politie, justitie of veiligheid.

Artikel 25:

In het antenneregister worden voor de antennes als bedoeld in artikel 23, eerste lid, onderdeel c, de volgende gegevens opgenomen:

1 **a.**de locatie van de antenne-installatie, met een nauwkeurigheid van 15 meter, aangeduid met toepassing van het World Geodetic System 1984;

b.het type registratie.

2 De gegevens, bedoeld in het eerste lid, worden aan Onze Minister verstrekt door de radiozendamateur die zich voor het gebruik van frequentieruimte heeft geregistreerd.

3 Onze Minister kan gegevens die door radiozendamateurs worden verstrekt in het kader van de registratie opnemen in het antenneregister.

Uit: https://wettenoverheid.nl/BWBR0032895/2018-03-31/Hoofdstuk4

VEEL SUCCES MET HET EXAMEN!!

14 Oefenen met de wet van Ohm

Het blijkt dat er behoefte is aan extra oefenstof met betrekking tot spanning, stroom en weerstand. Daarom dit hoofdstuk. Nu niet praktisch bekeken maar meer theoretisch. Op het examen moet de kandidaat het parallel- en serieschakelen van weerstanden beheersen.

14.1 Serieschakeling van weerstanden

Bij de wet van Ohm is de weerstand ter sprake gekomen. Het lijkt er in dat geval op dat er maar van één weerstand sprake is. In vele stroomkringen zullen we echter meer weerstanden aantreffen. De stroom kan dan achtereenvolgens een hele reeks weerstanden doorlopen. Dat wil dus zeggen dat eerst de eerste, vervolgens de tweede en de rest doorlopen wordt. Kenmerk van de *serie*schakeling is dan ook: *De stroom in de keten is in alle onderdelen gelijk zolang er geen vertakkingen zijn.*
Je kunt deze serieschakeling vervangen door één weerstand, die dezelfde belemmering van de stroom veroorzaakt als de gezamenlijke, in serie geschakelde weerstanden. Deze vervangingsweerstand kan worden aangeduid met R_s (Rserie). Je kunt deze gemakkelijk berekenen.

In figuur 14.1 is een serieschakeling van twee weerstanden getekend. Rechts de vervangingsweerstand R_s.

De stroom door weerstanden R_1 en R_2 is I.
Deze veroorzaken over deze weerstanden een spanning van respectievelijk

$U_1 = I * R_1$ en $U_2 = I * R_2$.

De totale spanning $U = U_1 + U_2 = I * R_1 + I * R_2 = I * (R_1 + R_2)$.

Door vervangingsweerstand R_s loopt dezelfde stroom I en over deze weerstand staat dezelfde totale spanning U.
Hier geldt dus $U = I * R_s$.

Dus $R_s = R_1 + R_2$.

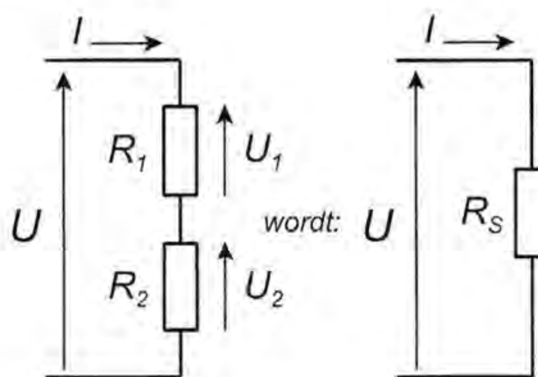


Fig. 14.01 De vervanging van twee weerstanden in serie

In het algemeen geldt : de vervangingswaarde van twee of meer in serie geschakelde weerstanden gelijk is aan de som van de waarden van de afzonderlijke weerstanden.

14

Of in formulevorm:

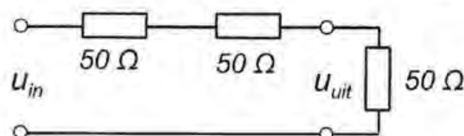
$$R_s = R_1 + R_2 + R_3 + R... \; enz$$

Fig. 14.02 De algemene formule voor de berekening van de vervangingsweerstand van in serie geschakelde weerstanden.

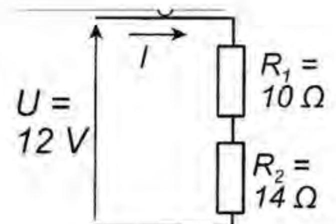
Bij de *serie*schakeling van weerstanden is de waarde van de vervangingsweerstand gelijk aan de som van de weerstanden uit de serieschakeling.

Oefeningen (de antwoorden staan op pagina 14.5):

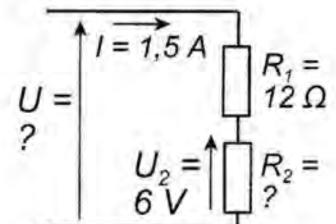
1. Drie weerstanden worden in serie geschakeld. Hun waarden zijn respectievelijk
100, 1000 en 50 Ω. Hoe groot is de totale weerstand?
2. Hoeveel maal is de verzwakking (U_{in} / U_{uit}) in de schakeling?



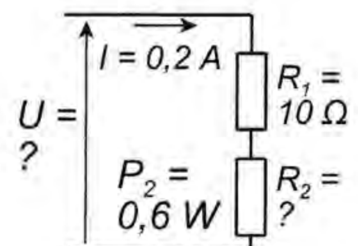
3. a. Hoe groot is de stroom I?
b. Welke waarde heeft de spanning over R_2?
c. Hoeveel vermogen wordt in weerstand R_1 omgezet in warmte?



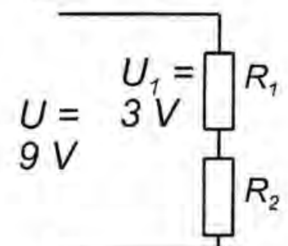
4. a. Welke waarde heeft de weerstand R_2?
b. Hoe hoog is de spanning U?
c. Wat is de verhouding van de spanningen $U_1 : U_2 : U$?
d. Welk vermogen wordt in R_2 gedissipeerd?



5. a. Welke waarde heeft de weerstand R_2?
b. Hoe groot is de spanning U?



6. a. Welke spanning staat er over R_2?
b. Wat is de verhouding tussen de weerstanden R_1 en R_2?



14.2 Parallelschakeling van weerstanden

In figuur 14.08 zijn twee weerstanden parallel geschakeld. Rechts is de vervangingsweerstand
R_P (RParallel). Over alle weerstanden staat de spanning U.
De stroom I zal zich bij de parallelschakeling vertakken in twee deelstromen door de weerstanden en aan de andere kant zullen deze deelstromen weer samenkomen.
Voor deze stroomvertakking geldt $I = I_1 + I_2$.
De stroom door de weerstand R_1 is gelijk aan U / R_1.
De stroom door de weerstand R_2 is gelijk aan U / R_2.

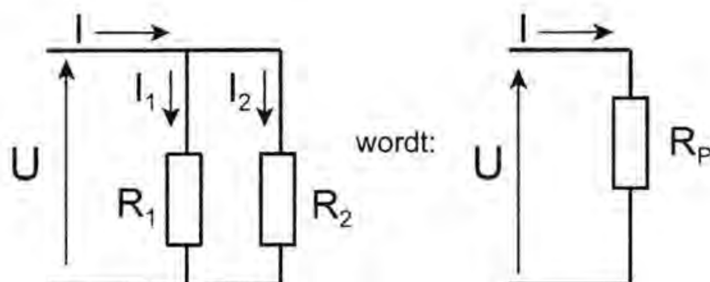


Fig. 14.08 De vervanging van twee weerstanden parallel.

De stroom I door de vervangingsweerstand van de schakeling is U / R_P.
Deze stroom moet nu gelijk zijn aan de som van de stromen I_1 en I_2. Dat is dus I. Daaruit volgt:

$$I = I_1 + I_2$$

$$I = \frac{U}{R_p} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2}$$

of:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Fig.14.09 Berekening van de vervangings weerstand zonder U en I te weten.

Voor twee parallel geschakelde weerstanden kan er eenvoudiger gerekend worden. Na enig gereken volgt namelijk de formule volgens figuur 14.10.

$$R_p = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2}$$

Fig. 14.10 Formule voor het berekenen van twee weerstanden parallel.

De algemene formule voor het berekenen van de vervangingswaarde van parallel geschakelde weerstacnd is aangegeven in figuur 14.11.

14

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ldots\ldots$$

Fig. 14.11 De algemene formule voor de berekening van de vervangingsweerstand van parallel geschakelde weerstanden.

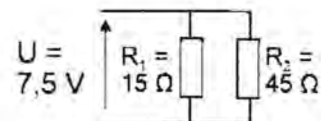
Bij de *parallel*schakeling van weerstanden is de waarde van de vervangingsweerstand altijd *lager* dan de *laagste* waarde van de weerstanden uit de parallelschakeling.

In de praktijk komen combinaties van de serie- en de parallelschakelingen voor. Wanneer daarvan de vervangingsweerstand uitgerekend moet worden, begin dan met het uitrekenen van de vervangingsweerstand van de parallelschakeling(en). Stap voor stap wordt het hele netwerk vereenvoudigd, totdat de totale vervangingsweerstand gevonden is.

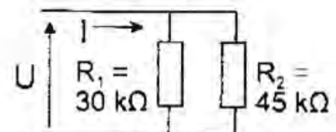
Oefeningen (de antwoorden staan op volgende pagina's). De vragen 8 t/m 11 hebben betrekking op combinaties van serie- en parallelschakeling.

1. Een weerstand van 22.000 Ω wordt parallel geschakeld aan een weerstand van 33.000 Ω. Hoe groot is de vervangingswaarde?

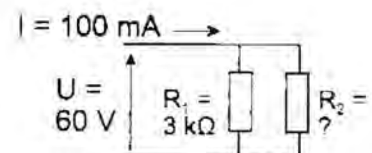
2.Hoe groot is de stroom door R_1, R_2 en de totale stroom I?



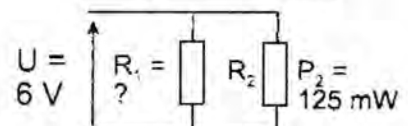
2. Hoe groot moet de vervangende weerstand voor R_1 en R_2 zijn zodat de stroom I hetzelfde blijft?



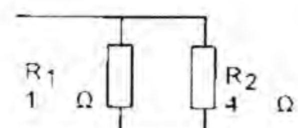
4. Welke waarde heeft R_2?



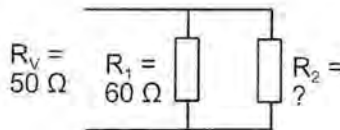
5. In R_2 wordt 125 mW aan warmte omgezet.
a. Welke waarde heeft R_2?
b. Welke waarde moet R_1 hebben om daarin 2x zoveel warmte te produceren?



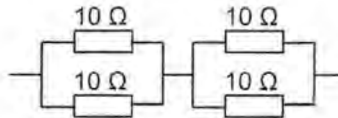
6. Welke waarde zal de vervangingsweerstand hebben?



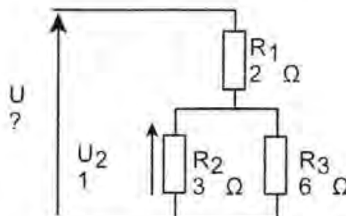
7. Welke waarde moet R_2 hebben om te bereiken dat de vervangingswaarde 50 Ω is?



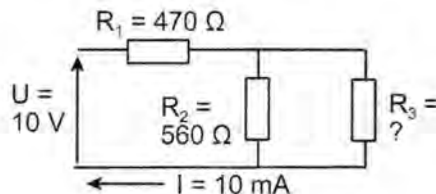
8. Hoe groot is de vervangingsweerstand van de volgende schakeling?
Tip: Bereken eerst de vervangingswaarde van 2 x 10 ohm parallel. Bereken daarna de serieschakeling van de twee groepen.



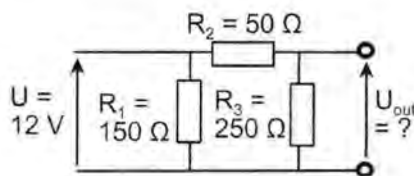
9. a. Welke waarde heeft U?
b. Hoe groot is het vermogen dat in R_1 wordt gedissipeerd?



10. Welke waarde moet R_3 hebben om een stroom van 10 mA te laten vloeien?



11. a. Hoe hoog is de spanning Uout als er niets op de uitgangsklemmen aangesloten is?
b. Stel dat een weerstand van 100 ohm wordt aangesloten. Wat gebeurt er dan met de spanning Uout?



Antwoorden van pagina 2 van Hfdst 14:
1. 100 + 1000 + 50 = 1150 Ω.
2. Stroom I loopt door de serieschakeling van de drie 50 ohm weerstanden.
De vervangingswaarde daarvan is 50 + 50 + 50 = 150 ohm. De stroom geeft over de complete schakeling een spanning:Uin = I * 150.
De uitgangsspanning staat maar over één weerstand, dus Uuit = I * 50.
De verhouding Uin / Uuit = 150 / 50 = 3. Er is een verzwakking van 3 x.
3. a. I = U / R = 12 / (10 + 14) = 12 / 24 = 0,5 A
b. U over R_2 = I * R2 = 0,5 * 14 = 7,0 V
c. P in R_1 = I2 * R1 = 0,5 * 0,5 * 10 = 2,5 W
4. a. R_2 = U2 / I = 6 /1,5 = 4 Ω.
b. U = I * (R_1 + R_2) = 1,5 * (12 + 4) = 1,5 * 16 = 24 V.
c. U_1 : U_2 : U = (1,5 * 12) : 6 : 24 = 18 : 6 : 24 = 3 : 1 : 4.
d. P in R_2 = I_2 * R_2 = 1,5 * 1,5 * 4 = 9,0 W.
5. P_2 = I_2 * R_2. Dus R_2 = P_2 / I_2 = 0,6 / (0,2*0,2) = 0,6 / 0,04 = 15 Ω.
U = I * (R_1 + R_2) = 0,2 * (10 + 15) = 0,2 * 25 = 5,0 V.
6. a. U over R_2 = U - U1 = 9 - 3 = 6 V.
b. R_1 : R_2 = U_1 : U_2 = 3 : 6 = 1 : 2.

14

Antwoorden van pagina 4 en 5 Hfdst 14:

1. Gebruik bij voorkeur de formule uit figuur 14.10.
R = (22.000 * 33.000) / (22.000 + 33.000) = 726.000.000/55.000 = 13.200 Ω = 13k2.

2. I door R_1 = U / R_1 = 7,5 /15 = 0,5 A
I door R_2 = U / R_2 = 7,5 / 45 = 0,167 A
I totaal = I_1 + I_2 = 0,5 + 0,167 = 0,667 A

3. Met de formule uit figuur 14.10: Rv = (30 * 45) / (30 +45) = 18 kΩ.

4. De stroom door R1 = U / R_1 = 60 / 3 = 20 mA.
Door R_2 zal een stroom I2 vloeien van 100 - 20 = 80 mA = 0,08 A.
R_2 = U / I_2 = 60 / 0,08 = 75Ω.

5. a. Stroom door R_2: P_2 = U * I_2. Dus I_2 = P / U = 0,125 / 6 = 0,0208 mA. Weerstand R_2 is dan R_2 = U / I_2 = 6 / 0,0208 = 288Ω.
b. P_1 = 2 * P_2. We weten P = U * I, dus I_1 moet 2x zo groot zijn als I_2. Dit houdt in dat R_1 de helft is van R_2: R_1 = 288 / 2 = 144Ω.

6. Probeer dit eens met de formule uit figuur 14.11. Reken in kilo-ohms:
1 / Rv = 1 / 10 + 1 / 47 = 0,1 + 0,213 = 0,1213. Daaruit volgt:
Rv = 1 / 0,1213 = 8,25 kΩ.

7. Gebruik weer de formule uit figuur 14.11. 1 / Rv = 1 / R_1 + 1/R_2.
Rv en R1 zijn bekend. 1 / 50 = 1/60 + 1 / R_2. Dit geeft:
0,02 = 0,01667 + 1 / R_2. Dus 1 / R_2 = 0,02 - 0,01667 = 0,00333.
R_2 = 1 / 0,00333 = 300 Ω.

8. Twee weerstanden van 10Ω parallel geeft (10 * 10) / (10 + 10) = 5 Ω.
Twee weerstanden van 5 Ω in serie geeft 5 + 5 = 10 Ω.

9. a. I door R_1 = U_2 / R_2 = 1,2 / 3 = 0,4 mA. I door R_2 = U_2 / R_2 = 1,2 / 6 = 0,2 mA. De totale stroom I is dus 0,4 + 0,2 = 0,6 mA.
Over R1 staat een spanning van U_1 = I * R1 = 0,6 * 2 = 1,2 V.
De totale spanning U = U_1 + U_2 = 1,2 + 1,2 = 2,4 V.
b. P in R_1 = U_1 * I = 1,2 * 0,6 = 0,72 mW.

10. Door R_1 vloeit 10 mA. De spanning over R_1: I * R_1 = 0,01 * 470 = 4,7 V. Over R_2 en R_3 staat dus U_2 = 10 - 4,7 = 5,3 V.
De stroom door R_2 = U_2 / R_2 = 5,3 / 560 = 9,5 mA. De stroom door R_3 is dan I - I_2 = 10 - 9,5 = 0,5 mA.
R_3 = U_2 / I_2 = 5,3 / 0,5 = 10,6 k Ω.

11. a. Over R_2 + R_3 staat U = 12 V. De stroom door deze tak is U / I = 12 / (50 + 250) = 12 / 300 = 0,04 A = 40 mA.
De spanning over R_3 = Uout = I * R_3 = 0,04 * 250 = 10 V.
b. Als parallel aan R_3 100 Ω wordt geschakeld voor de vervangingswaarde
(250 * 100) / (250 + 100) = 71,43 Ω. De stroom door de tak wordt nu: I = 12 / (50 + 71,43) = 12 / 121,43 = 0,0988 mA.
De spanning over R_3 met de 100 Ω parallel is nu: 0,0988 * 71,43 = 7,05 V. Door de belasting zakt de spanning van 10 V naar ruim 7 V.
N.B. de weerstand R_1 heeft geen invloed omdat deze parallel aan de voedingsspanning staat.

15 Het examen

De in dit hoofdstuk opgenomen tekst is geen examenstof. Het is bedoeld als extra informatie voor hen die zich op het examen voorbereiden. Voor de actuele tekst van het examenreglement verwijzen we naar de nieuwste publicaties van Agentschap-Telecom. (http://www.agentschaptelecom.nl/

15.1 Algemene informatie met betrekking tot het N-examen

Aan de hand van het examenprogramma wordt getoetst of de kandidaat voldoende kennis heeft om in aanmerking te komen voor een amateurvergunning categorie N. Het examenprogramma is beperkt tot onderwerpen die relevant zijn bij het doen van technische onderzoekingen en het gebruik van zendinrichtingen. Hieronder vallen ook schakelingen met hun schema's.
Hierin kunnen zowel geïntegreerde schakelingen als discrete componenten voorkomen.
De examenvragen worden gebaseerd op de praktische toepassing van de onderwerpen die in het examenprogramma worden genoemd.
Verder zijn de volgende punten van toepassing:
a. Daar waar bepaalde *grootheden* worden genoemd, moet de kandidaat ook de *eenheden* kennen waarin deze grootheden worden uitgedrukt. Men moet ook de gebruikelijke veelvouden en delen van de eenheden kennen.
Voorbeeld: De *capaciteit* van een condensator. De eenheid is de *farad*, delen van de farad zijn o.a. *pF* [picofarad] , *nF* [nanofarad], *µF* [microfarad].
b. Kandidaten moeten vertrouwd zijn met de gangbare tekensymbolen voor elektronica.
c. Kandidaten moeten de volgende wiskundige begrippen en bewerkingen kunnen toepassen:
< optellen, aftrekken, vermenigvuldigen en delen;
< breuken;
< kwadrateren
< vierkantswortels
< omgekeerde waarden
< interpretatie van lineaire en niet-lineaire grafieken
d. Kandidaten moeten de formules die in het examenprogramma zijn opgenomen kennen, kunnen toepassen, en deze formules ook in andere schrijfwijzen kunnen omzetten.
Dit zijn:
- de wet van Ohm: **U = I x R**
- het elektrisch vermogen: **P = U x I**
- het verband tussen frequentie en golflengte: **v = f x λ**.

Let op: In plaats van (x) als teken voor het vermenigvuldigen wordt ook wel de punt (.) gebruikt of de ster (*). Dus 6 x 3 = 6 . 3 = 6 * 3
Een N-examen bevat 40 vragen over Radiotechniek en Voorschriften II (vergunning categorie N). Houdt er rekening mee dat er altijd ongeveer zeven vragen zijn over procedures en gebruiksregels.

Vooral voor de techneuten die denken geen moeite met het examen te zullen hebben geldt: *Vergeet het bestuderen van de Voorschriften niet........!*
Je vindt de Gebruiksregels etc. op de website van het Agentschap-Telecom, zie ook de vermelding in hoofdstuk 17, http://www.agentschaptelecom.nl/ of via www.radio-examen.nl

Voor het beantwoorden van de vragen mag de kandidaat gebruik maken van een rekenmachine. Deze mag echter geen programmeerbaar deel hebben, of de kandidaat moet kunnen aantonen dat het programmeerbare deel leeg is.

De kandidaten, die zich aanmelden voor het examen, krijgen van de Stichting Radio Examens een schrijven waarin wordt toegelicht welke regels tijdens het examen gelden. Deze regels worden ook bekend gemaakt bij het begin van het examen.

Het door het VERON Servicebureau uitgegeven boek ***Examenvragen voor de N*** bevat meer dan genoeg vragen uit reeds gehouden examens om te oefenen en te controleren of je voldoende kennis hebt opgebouwd.

16 Bijlage

In deze bijlage komt nog de decibel aan de orde. Dit onderwerp wordt niet gevraagd voor het examen, maar geeft wel wat extra informatie. Het inzicht van de kandidaat in deze materie wordt hierdoor vergroot.

16.1 De decibel (dB)

Het eenheid decibel (dB) verkrijg je door een wiskundige bewerking uit te voeren op de uitkomst van een deling.

In principe is dat de deling van het uitgaand vermogen gedeeld door het inkomend vermogen in een versterker of verzwakker.
Aangezien men in elektronische apparatuur meestal met een keten van versterkers en verzwakkers te doen heeft is het handig om de versterking en verzwakking gewoon bij elkaar op te tellen. Dit kan wanneer je gebruik maakt van het logaritmisch rekenen met het grondtal 10. Deze 10 wordt niet bij log genoteerd. De eenheid wordt naar Bell genoemd. dB is dus decibel.
Stel dat de vermogensverhouding 2 maal is, dan is dat:

log2 = 0,3 B 10*log.2 = 3 dB

Hier staat tienmaal voor het gegeven dat de getallen in de praktijk anders altijd achter de komma zouden staan, nu rekent men met gehele getallen, het woordje deci trekt dat dus weer recht.
Probleem is nu dat het moeilijk is om in LF en HF techniek vermogens te meten. Spanningen meten gaat gemakkelijker.

We kennen de formule $P = \frac{U^2}{R}$

De verhouding is dan: $\frac{P_{uit}}{P_{in}} = \frac{U_{uit}^2}{R_{uit}} : \frac{U_{in}^2}{R_{in}}$

Bij gelijke R is dus $\frac{P_{uit}}{P_{in}} = \frac{U_{uit}^2}{U_{in}^2}$

Wordt dit omgezet in logaritme dan is de verhouding:

$$20 \log \frac{U_{uit}}{U_{in}} \; dB$$

Gelijke R is dus een voorwaarde. In de telefoontechniek waren de spreekkanalen op 600Ω gebaseerd. In de elektronica is er bijvoorbeeld veel op 50Ω vastgelegd. Wordt er aan deze voorwaarde voldaan, dan volstaat de spanningsmeting.
Zo is er een afspraak om 0dBm vast te leggen als referentie en dat betekent 1mW over 50Ω, en dat levert een spanning op van 0,22 V. Soms gebruikt men de aanduiding dBmW, maar meestal laat men gewoon de W weg.
Iedere bedrijfstak kan zo zijn eigen dB-verhouding vastleggen. .

Voorbeeld: Men bewerkt de uitkomst van *hoeveel maal groter is het signaal dat van deze antenne afkomt vergeleken met dat van de meetdipool gemeten over gelijke belasting*?

a. Is het signaal even groot, dan is de uitkomst van de deling *gelijk* aan 1, dit komt overeen met 0 dB.

b. Is het signaal groter, dan is de uitkomst van de deling *groter* dan 1.
Is de signaalspanning 2x zo groot, dan hebben we het over 6 dB meer.
Iedere tweemaal spanningsvergroting is dan steeds 6 dB erbij optellen.

c. Zou het minder zijn, de uitkomst van de deling is dan kleiner dan 1, dan zetten we een minteken voor de uitkomst, het signaal is dan zwakker.
Is de signaalspanning de helft van het originele signaal, dus de uitkomst is ½.
We spreken dan over - 6 dB.

Een versterker versterkt 10 dB, het signaal wordt via een lange leiding afgeleverd en dat betekent een verzwakking van 2 dB. Wat is nu de totale signaal overdracht?
De signaaloverdracht is in totaal + 10 -2 = 8 dB. Het zegt dus in dit geval niets over de grootte van de signalen!.

Een RG 58 kabel heeft bij een bepaalde frequentie een verzwakking van 8dB per 100m. Er wordt een lengte van 30 meter gebruikt. Hoeveel verzwakking geeft dat stuk kabel aan het signaal? Stel dat het ingangssignaal 30 mV is, hoe groot is dan de spanning die aan het uiteinde gemeten kan worden? (-2,4 dB en 23 mV)

Voorbeeld:

De **meet**dipool levert 10 µV. De **zelfgebouwde** antenne geeft bij hetzelfde signaal 20 µV af, dus 2 maal zoveel, is 6 dB meer. Verbeteren we de antenne en levert deze dan b.v. 40 µV, dan is dit weer 2 maal hoger, dus 6 dB erbij. Dat maakt totaal 12 dB winst tegenover de meetdipool.

TABEL MET ENIGE dB WAARDEN		
Verhouding tussen spanning of stromen	Vermogens verhouding	Is ongeveer ...dB
0,1	0,01	-20
0,5	0,25	-6
1	1	0
1,4	2	3
2	4	6
3	9	9,5
5	25	14
10	100	20
100	10000	40
1000	1000000	60

Opmerking: de tabel geldt alleen voor spanningen en stromen over ***gelijke*** belasting gemeten.
Verhouding vermogens = 100x, geeft 20 dB.
Een verdubbeling van het ***vermogen*** komt overeen met een toename van 3 dB en een verviervoudiging met 6 dB.

Aantekeningen:

17 Het N-examenprogramma en de inhoud van dit boek

Examenprogramma volgens bron: AGENTSCHAP-TELECOM Uitgave 30 juli 2010

Exameneisen:	**Vermeld in het Cursusboek voor het N-examen:**
1. ELEKTRICITEITSLEER, ELEKTROMAGNETISME EN RADIO THEORIE	Hfdst.paragraaf
1.1 Stroomgeleiding	
- Geleider, halfgeleider en isolator.	1.5, 2.4.1
- Stroomsterkte, spanning en weerstand.	1.5, 2.2, 2.3, 2.4.1
- De eenheden ampère, volt en ohm.	2.1, 2.3, 2.4.1
- De wet van Ohm [U = I * R].	2.4.2
- Elektrisch vermogen [P = U * I].	3.9, 8.7
- De eenheid watt.	3.9
1.2 Bronnen	
- Serieschakeling van spanningsbronnen.	2.1
- Batterij.	2.1
- Lichtnet.	2.5.1
1.3 Radiogolven	
- Radiogolven als elektromagnetische golven.	1.3
- Voortplantingssnelheid en het verband met frequentie en golflengte [v = f * λ].	1.2, 6.1
- Polarisatie.	6.4
1.4 Sinusvormige signalen	
- De grafische voorstelling in de tijd.	1.5.1
- Frequentie.	1.5.1.
- De eenheid hertz.	1.5.1
1.5 Audio en digitale signalen	
- Audiosignaal.	1.5.2
- Digitaal signaal.	1.6
- De grafische voorstelling in de tijd.	1.5
1.6 Gemoduleerde signalen	
- Voor- en nadelen van:	
- Amplitudemodulatie;	4.6
- Enkelzijbandmodulatie;	4.7
- Frequentiemodulatie.	4.8
- Draaggolf, zijbanden en bandbreedte	4.6, 4.7, 4.8, 5.6
1.7 Vermogen	
- Gelijkstroom-ingangsvermogen.	3.9.2
- Hf-uitgangsvermogen.	2.9.2
2. COMPONENTEN	
2.1 Weerstand	
- Weerstand.	3.8
- De eenheid ohm.	2.4.1
- Vermogendissipatie.	3.9
- Kleurcode.	3.8.2
2.2 Condensator	
- Capaciteit	3.4, 7.3
- De eenheid farad.	3.4.2.
- Gebruik van vaste en variabele condensatoren: lucht-, mica-, kunststof-, keramische en elektrolytische condensatoren.	3.4, 7.3
2.3 Spoel	
- Zelfinductie.	7.2
- De eenheid henry.	7.2
2.4 Overige componenten (toepassingen)	
- Transformatoren.	3.1
- Gelijkrichtdiode.	3.2, 3.3, 3.4.4
- Zenerdiode	3.7
- Transistor (toepassing als versterker).	9.1, 9.2
- Transistor (toepassing als oscillator)	10.1

3. SCHAKELINGEN	
3.1 Combinatie van componenten	
- Serie- en parallelschakeling van weerstanden	8.2.5, 13
- Serie- en parallelschakeling van condensatoren.	3.4.5
3.2 Filter	
- Seriekring en parallelkring:	7.1
- Impedantie;	7.1
- Frequentiekarakteristiek;	7.1
- Resonantiefrequentie.	7.1
- Laagdoorlatende, hoogdoorlatende, banddoorlatende en bandsperrende filters,opgebouwd uit passieve elementen (alleen toepassingen en gebruik).	10.2
4. ONTVANGERS	
4.1 Uitvoering	
- Enkelsuperheterodyne ontvanger.	4.2
- Rechtuit-ontvanger.	4.1
4.2 Blokschema's	
- AM-ontvanger [A3E].	4.2, 4.6
- FM-ontvanger [F3E].	4.2, 4.8, 4.8.2
- CW-ontvanger [A1A].	4.2, 4.5
- EZB-ontvanger [J3E].	4.2, 4.7
4.3 Werking en functies van de volgende schakelingen [alleen als onderdeel van een blokschema]	
- Hf-versterker.	4.1
- Oscillator [vast en variabel].	10.1
- Mengtrap.	4.2
- Middenfrequentversterker.	4.2, 4.8.2
- Detector.	4.1, 4.8.2
- Zwevings-oscillator [BFO].	4.5, 4.7
- Lf-versterker.	4.7
- Automatische versterkingsregeling.	4.10
- Ruisonderdrukker [squelch] (alleen doel).	4.9
- Voeding.	3.5
5. ZENDERS	
5.1 Blokschema's	
- FM-zender [F3E].	5.3
- CW-zender [A1A].	5.1
- EZB-zender [J3E].	5.5
5.2 Werking en functies van de volgende schakelingen [alleen als onderdeel van het blokschema]	
- Mengtrap.	5
- Oscillator (kristal en VFO).	5
- Scheidingstrap.	5
- Stuurtrap.	5, 10.3
- Frequentievermenigvuldiger.	5.4, 10.3
- Vermogensversterker.	5.2, 5.3, 5.4
- Uitgangsfilter [pi-filter].	5.8
- Frequentiemodulator.	5.3, 4.8.1
- EZB-modulator.	5.5
- EZB-filter.	5.5, 10.2.2
- Voeding.	3.5
5.3 Zendereigenschappen	
- Frequentiestabiliteit.	5.7
- Hf-bandbreedte.	5.6
- Zijbanden.	5.6
- Uitgangsvermogen.	3.9.2, 8.7, 6.5.2
- Ongewenste hf-uitstralingen.	5.8
- Harmonischen.	5.8

6. ANTENNES EN TRANSMISSIELIJNEN	
6.1 Antennetypen (alleen opbouw, richteigenschappen en polarisatie) - Halvegolf-antenne met voeding in het midden. - Antenne met voeding aan het einde. - Kwartgolf verticale antenne [groundplane]. - Antenne met parasitaire elementen [Yagi].	 6.2, 6.3 6.2, 6.4.5. 6.1,.4.5 6.2, 6.3.5 6.3.2
6.2 Transmissielijnen - Opbouw en gebruik van open lijn en coaxiale kabel. - Voor- en nadelen van open lijn en coaxiale kabel. - Antenne aanpassingseenheid (alleen doel).	 6.5 6.5 6.5.3, 6.5.4
7. PROPAGATIE en FREQUENTIESPECTRUM	
7.1 Propagatie - Ionosfeerlagen en het effect op de HF-propagatie. - De invloed van de zonnevlekkencyclus op de communicatie. - Fading. - Troposfeer. - De invloed van meteorologische omstandigheden op de VHF/UHF-propagatie.	 6.4.1 6.4.1 6.4.2. 6.4.2 6.4.2.
7.2 Frequentiespectrum - HF, VHF, UHF frequentiegebieden.	
8. METINGEN	
8.1 Meten Het meten van: - Gelijk- en wisselspanningen. - Gelijk- en wisselstromen. - Weerstand. - Gelijkstroom- en hoogfrequentvermogen. - Frequentie. - Resonantiefrequentie.	 8.2, 8.3 8.2, 8.3 8.2.4 3.9, 8.7 8.4 7.1, 8.6
8.2 Meetinstrumenten Het meten met: - Universeelmeter (analoog en digitaal). - Staandegolfmeter. - Frequentieteller. - Absorptiefrequentiemeter. - Dipmeter. - Kunstantenne [dummy load].	 8.1, 8.2 8.8 8.4 8.5 8.6 8.7
9. STORING EN IMMUNITEIT	
9.1 Storing in elektronische apparatuur - Interferentie met het gewenste signaal (TV, VHF en omroep). - Laagfrequentdetectie.	 12..2 12.2
9.2 Oorzaak van de storing in elektronische apparatuur - Veldsterkte van de zender. - Ongewenste uitstraling van de zender [parasitaire uitstraling, harmonischen]. - Ongewenste beïnvloeding van de gestoorde apparatuur: - via de antenne-ingang; - via andere aangesloten leidingen (netsnoer, luidsprekersnoer e.d.); - door directe instraling.	11.4, 12.3 12.1
9.3 Maatregelen tegen storingen Voorzieningen ter voorkoming en opheffing van storingen: - Filteren bij de gestoorde apparatuur. - Ontkoppelen. - Afscherming. - Afstand tussen zendantenne en radio-/TV-antenne. - Vermijden van het gebruik van eindgevoede antennes. - Minimum vermogen. - Goede hf-aarding. - Sociale aspecten (goede relatie met de buren).	 5.8 , 12.5 12.2 12.5 12.5 12.2 6.5.5 , 12.1 1.2 11.5, 12.2

10. VEILIGHEID	
10.1 Het menselijk lichaam - De gevolgen van elektrische schok. - Voorzorgsmaatregelen tegen elektrische schok.	 11.1 11.1,1.6
10.2 Netvoeding - Verschil tussen fase, nul en aarde [kleurcode]. - Het belang van goede aardverbindingen. - Snelle en trage veiligheden, waarden van veiligheden.	 2.5.1, 11.2 2.5.1, 11.2, 11.5 2.5.2, 2.5.3
10.3 Gevaren - Geladen condensatoren. - Hoge spanningen.	 7.3.1 7.3.1, 11.1
10.4 Bliksemontlading - Gevaar. - Bescherming. - Uitvoering van aarding.	 11.6 11.6 11.2, 11.6
11. NATIONALE EN INTERNATIONALE GEBRUIKSREGELS EN PROCEDURES - Q code - Overige codes Internationale noodsignalen, noodverkeer,communicatie bij rampen Roepletters in Nederland IARU aanbeveling	13 13.2.2.6 13.2.2.1 13.1.2 13.2.2.5 13.1.1
12. NATIONALE EN INTERNATIONALE REGELGEVING AMATEURDIENST EN AMATEURSATELLIETENDIENST ITU Radio CEPT aanbevelingen Telecommunicatiewet Algemene maatregel van Bestuur. Voorschriften en beperkingen	13 13.4 e.v. 13.5 Zie voor de precieze 13.6 omschrijvingen van de door de amateur te volgen regels: www.agentschaptelecom.nl
EXTRA INFORMATIE: Als extra zijn o.a. bijgevoegd de volgende onderwerpen in dit boek. Dit zijn geen onderwerpen die op het examen worden gevraagd: - AFSK systeem - CW signaal - Dubbelsuperheterodyne - Decibel (dB). - R-C oscillator met ic 555 - Staande en lopende golven - Field effect transistors	 4.5 4.5 4.3 Bijlage 16.1 7.3.4 6.5.4 9.4.2

18 LITERATUURLIJST

De volgende boeken bevatten een prima informatie voor diegene die meer wil weten over de behandelde stof.

Meetinstrumenten

! Meettechniek, P. Couperus, ISBN 90 01 19893 7 (MTS)
! Electronische meetinstrumenten, A.J. Dirksen, ISBN 90 201 2007 7

Allerlei onderwerpen, theorie en praktijk

ARRL Handbook for radiocommunications, uitgave ARRL, verschijnt ieder jaar in een nieuwe editie. Verkrijgbaar bij het VERON Servicebureau. Het bevat theorie en zeer veel praktische schakelingen.
ARRL Antenna book. Verkrijgbaar bij het VERON Servicebureau.
Antennenbuch, door Karl Rothammel. Verkrijgbaar bij het VERON Servicebureau.
Diverse boeken uitgegeven **door Elektuur**.
Hints and Kinks for the radioamateur. Uitgave ARRL.
Vademecum voor de Nederlandse radio-amateur. Uitgave VERON. Iedere 3 jaar verschijnt een nieuwe editie. Verkrijgbaar bij het VERON Servicebureau.
Amateurradio-antennes - een juridische leidraad door G.M.M. van den Berg, PA0GMM. Verkrijgbaar bij het VERON Servicebureau.
Theorieboeken
Digitale communicatie, Dr Ir F.J.M. Frankort. ISBN 90-6674-726-9. (MTS)
Radio Communications Handbook, uitgegeven door de RSGB
Kurze Antennen, Gerd Janzen ISBN 3-440-05469-1
Diverse publicaties in maandblad **Electron** uitgave VERON



Cursusboek voor het N-examen

Vereniging voor Experimenteel Radio Onderzoek Nederland

www.veron.nl